الجمهورية العربية المتحدة
وزارة التربية والتعليم



للصف الثالث بالمدارس الثانوية

تأليف

دكتور محمد ابراهيم فارس
دكتور جلال الدين حافظ عوض
دكتور محمد عز الدين حلمي
دكتور محمد يوسف حسن

١٣٨٦ هـ – ١٩٦٦ م

إهـــــــداء ٢٠٠٧
ورثة الفنان/ حامد سعيد
القاهرة

الجمهورية العربية المتحدة
وزارة التربية والتعليم



الجيولوجيا الحديثة

للصف الثالث بالمدارس الثانوية

تأليف

دكتور محمد ابراهيم فارس — دكتور جلال الدين حافظ عوض

دكتور محمد عز الدين حلمي — دكتور محمد يوسف حسن

١٣٨٦ هـ — ١٩٦٦ م

الباب الأول

التاريخ الجيولوجى للكرة الأرضية

تعريف :

درسنا فى منهجى الجيولوجيا للصفين الأول والثانى مادة الأرض (البلورات والمعادن والصخور) ، والتركيب البنائى للأرض (الطيّات والصدوع) ، والعوامل السطحية المختلفة (هواء ، ماء ، أحياء) التى تؤثر على الأرض ، وكذلك العوامل الداخلية (براكين ، وزلازل ، مَجما ، اختفاء قارة وظهور جبل) .

والسؤال أو الأسئلة الآن هى :

ماذا كان شكل الأرض منذ ٢٠٠٠ مليون سنة ؟

ما شكل الحيوانات التى كانت تعيش على الأرض منذ ٥٠٠ مليون سنة ؟

هل كانت من نفس نوع الحيوانات التى تعيش الآن ، أم أنها انقرضت وحلت محلها حيوانات أرقى منها ؟

متى انشقّت الأرض وانفصلت شبه جزيرة العرب عن القارة الافريقية وظهر البحر الأحمر بينهما ؟

متى تكوّن نهر النيل ؟ وأين كان يصب مياهَه ؟ هل كان هذا فى بحيرةٍ داخليةٍ عند الفَيوم أم فى البحر المتوسط ؟

وكثير غيرها من الأسئلة الممتعة التى تطوف بخيال الانسان ، ويختص بالاجابة عنها فرعٌ من علم الجيولوجيا يدرس ويبحث فى نشأة الأرض وتطوُّرِها ، وما تأهل به من نباتات وحيوانات : انه علم الجيولوجيا التاريخية .. انّ الجيولوجيا التاريخية هى ذلك الفرع الذى يختص بجمع

النتائج والمعلومات التي تتوصل اليها الافرع الأخرى من الجيولوجيا ليكون منها تاريخا مفصلا للكرة الأرضية . أو باختصار تختص الجيولوجيا التاريخية بدراسة التطور العضوى (الحيوانات والنباتات) وكذلك التطور غير العضوى (البيئة وغيرها) اللذين حدثا للكرة الأرضية منذ نشأتها وعبر ملايين السنين حتى وقتنا هذا . كذلك تختص الجيولوجيا التاريخية بدراسة العلاقة بين هذين النوعين من التطور كلما أمكن ذلك . ويرينا السجل الجيولوجى (كما يبدو من دراسة الصخور الرسوبية والحفريات الموجودة بها) أنه حينما يكون هناك تغير فى ظروف البيئة الطبيعية فانه يتبع ذلك تغير في النواحى العضوية (أى فى الحيوانات والنباتات) . ويمكن تفسير ذلك بأنا ليس سوى مجرد تاريخ مستمر لتأقلم الحيوانات والنباتات وتكيفها تبعاً للبيئة . ويعتقد كثير من الجيولوجيين وعلماء الحفريات أن تطور البيئة (أو بمعنى آخر التطور غير العضوى) كان السبب الأساسى للتطور العضوى (أى التكوين المستمر لأشكال أو صور جديدة ومعقدة من الحياة) . ومهما يكن السبب أو الأسباب فى التطور ، فيحتمل كثيراً أن المناخ كان أحد العوامل فى التطور ، كما يكشف لنا ذلك دراسة تاريخ الصخور الرسوبية وتعاقب طبقاتها وعمليات التشكيل المختلفة - من انسياب وتكسير وثنيات وصدوع - للغلاف اليابس .

التأريخ أو السلم الزمنى :

من الواضح أن كل علم تاريخى يحتاج الى تحديد الترتيب الزمنى للحوادث التى وقعت فى المكان الذى يدرسه . أى أن العلم التاريخى يحتاج الى تقويم أو سلم زمنى ترجع اليه الحوادث التاريخية . ففى التاريخ الهجرى مثلا نبدأ التأريخ من هجرة النبى محمد صلى الله عليه وسلم ، وفى التاريخ المسيحى نبدأ التأريخ من ميلاد النبى عيسى عليه السلام ثم نستعين بدورة الأرض حول الشمس لنقسم تلك الفترة الى وقتنا هذا الى أعوام وأجيال وقرون ، كل له عدده أو رقمه ، فنقول عام ١٣٨١ هجريا ،

امثله

وعام ١٩٦١ ميلادياً ، والقرن العشرين مثلا ، وهلم جرا ، أي أننا أوجدنا سلماً زمنياً يمكننا به تحديد وقت وقوع أي حادث بالضبط بالنسبة الى هذا السلم .

فأول مشكلة اذن للمؤرخ الجيولوجي هي ايجاد سلم زمني أو تأريخ أو تقويم يؤرخ به حوادث الكرة الأرضية أي يهدف بواسطته الى ترتيب الحوادث الجيولوجية المختلفة ترتيباً زمنياً منذ تكوين الأرض الى وقتنا هذا . ولم تحل مشكلة التوقيت الا عندما نبه عالم انجليزي زملاءه ممن يهتمون بدراسة صخور ومعادن القشرة الأرضية - منذ قرن ونصف تقريباً - الى بديهية لا تحتاج الى اثبات كثير . وهذه البديهية هي أن القاعدة الأساسية في الصخور الرسوبية أن كل طبقة أحدث تكوناً مما تحتها ، وتسمى هذه القاعدة بقانون تعاقب الطبقات .

١ - تعاقب الطبقات

لو أنك قمت برحلة الى مصر العليا فستلاحظ أن سفوح التلال التي تكون جوانب وادي النيل تتألف من الصخور الرسوبية والتي تعرف أيضاً باسم الصخور الطباقية ، اذا أنها تتكون من طبقات متوازية الواحدة منها تلو الأخرى . ان هذا الترتيب المتعاقب للطبقات يسمى « الطباقية » وتسمى الدراسات الخاصة بتكوين الطبقات وطبيعة تعاقبها بعلم الطبقات ، ونتائج هذا العلم هي أهم مقومات علم التاريخ الجيولوجي .

وفي الأماكن التي أشرنا اليها حيث توجد أمثلة من الصخور الطباقية المألوفة لدينا ، يمكن أن نلاحظ أن الطبقات هناك توجد أفقية أو تكاد تكون كذلك في معظم امتدادها . وانه لمن الطبيعي جداً أن نفكر في أن الطبقة التي توجد عند قاعدة أية مجموعة منها ، والتي يمكن تحديدها على أنها الطبقة الأولى فيها هي أقدم طبقات هذه المجموعة ، وأن الطبقات التي

تتلوها الى أعلى قد ترسبت فوقهـا الواحدة تـلو الأخرى بترتيب زمنى هو نفس ترتيب تعاقبها ، أى أن كل واحدة أحدث ترسباً من التى تحتها ، وأن أعلى طبقات المجموعة هى أحدثها من ناحية تاريخ الترسيب .

هذه البديهية هى ما يسمى قانون تعاقب الطبقـات أو القـانون الأول فى علم الطبقات . وترجع ملاحظتهـا الى العـالم الانجليزى وليم سميث فى أواخر القرن الثامن عشر . ويمكن صياغة هذا القانون هكذا :

« فى كل تتابع من الطبقـات تكون الطبقات السفلى هى الأقـدم فى العمر تتلوها الى أعلى طبقـات أحدث منهـا عمراً ، وتكون أعلى الطبقات هى أحدثها ترسباً ، هذا ما لم تتعرض الطبقـات الى حركات أرضـية قوية يكون من نتائجها اختلال هذا النظام » .

ويلاحظ فى منطوق قانون التعـاقب أننـا تحفظنـا بالجملة الأخيرة ، اذ أنه فى الواقع كثيراً ما تعترى تتابعات الصخور حركات أرضية تطويها وتصدعها ، أو تؤدى الى ازالة مرحلة منها فيما سميناه بعدم التوافق ، وهذه ظواهر تجعـل تتبع التـاريخ الجيولوجى مهمة صـعبة ، ويجـدر بالجيولوجيين فى مثل هـذه الأحوال أن يدرسـوا بعنـاية طبيعـة عوامـل الاضطراب هـذه والنتائج التى أدت اليها قبل تطبيق قانون التعـاقب ، والا فتكون عواقب استنتاجاتهم أخطاء جسيمة فى التاريخ الجيولوجى للمنطقـة موضوع الدراسة ، كما سنرى حالا من تفهم المثالين الآتيين :

وأوضـح وأجمل أمثلة التعاقب الطبيعى للطبقـات والتى يمكن تطبيق قانون التعـاقب فيهـا بسهولة هى الرواسب التى تكون جدران منخفض الوادى الجديد بصحراء مصر الغربية ، كما فى الواحات الخارجة والداخلة ، وكذلك سـفوح التـلال التى تبرز من قيعان هـذه الواحات . فاذا فحصت التتابع الصخرى العام فى تلك المنطقة ، شـكل (١) ، فستجد يتكون أساساً فى معظم الأمكنة من أعلا الى أسفل مما يأتى :

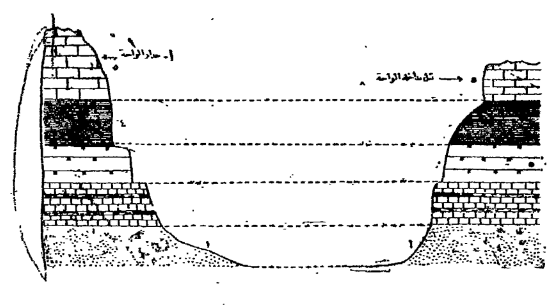
أعلى : (٥) صـخور جـيرية بيضـاء أو بلون « البسكوت » (تسمى الصخور الليبية) .

(٤) طفل رمادى سطحى (يسمى الطَّفْل الاسناوى) .

(٣) طباشير أبيض ناصع بلون الثلج (يسمى الطباشير الأبيض الناصع).

(٢) حجر جيرى داكن اللون غنى بالحفريات وتتخلَّلُه رقائقُ من الطفل .

(١) حجر رملى أحمر غالباً ، وبه طِباقيَّة كاذبة (يسمى الحجر الرملى النوبى) .



شـكل (١)

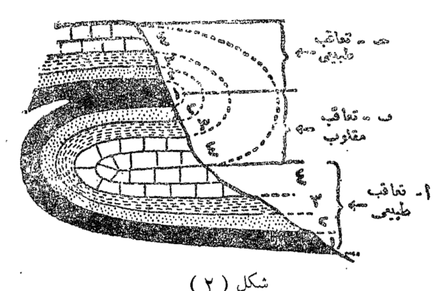
شكل يبين تتابع الطبقات فى واحة بالوادى الجـديد . الخطوط المنقطة تبين المضاهاة بين الطبقـات فى جدار الواحة فى تل بداخلهـا

٥ ــ الصخور الليبيـة .
٤ ــ الطفل الأسناوى .
٣ ــ الطباشـير الناصع .
٢ ــ حجر جيرى به رقائق من الطفـل .
١ ــ الحجر الرملى النوبى .

وفى معظم هذه الأماكن توجد الطبقات أفقية غالباً ، أو تكاد تكون كذلك وخالية فى معظم الأحوال من أية آثار للحركات والاضطرابات الأرضية . وبتطبيق قانون تعاقب الطبقات يمكن القول بأن الحجر الرملى النوبى هو أقدم طبقات هذا التعاقب عمراً ، ويليه الحجر الجيرى الداكن اللون فهو أحدث منه عمراً ، ثم الطباشير الأبيض الناصع ، ثم الطفل الاسناوى ، وأحدث الطبقات كلها فى الترسب هى الصخور الليبية البيضاء . وحيثما وجد هذا التعاقب أو جزء منه فى أى مكان بالمنطقة فيمكن التعرف عليه وترتيب طبقاته ترتيباً زمنياً كما وضحنا آنفاً ، وذلك بصرف النظر عن اختلاف الطوبوغرافيا (التضاريس) وتباعد الأماكن ، فنفس التتابع يمكن ملاحظته فى التلال البارزة فى أرضية الواحات ، وفى سفوح جدران الواحات نفسها ، ويمكن ملاحظته كذلك فى الجانب الآخر لامتداد هذه الجدران من الناحية الشرقية ، أى على سفوح جوانب وادى النيل فى مصر العليا .

ولكن هناك أمثلة من أماكن وجود الصخور الرسوبية حيث تعرضت الصخور فى الماضى للطى والتصدع نتيجة للحركات الأرضية مما أدى الى طمس معالم التعاقب الأصلى للطبقات . وسنضرب لمثل هذه الحالة مثالا بالشكل (٢) .

لو أننا تتبعنا الطبقات الظاهرة على السفح ، فقد يظن فى أول الأمر أنهما سلسلة واحدة مكونة من عشر طبقات . ولكن الفحص الدقيق لطبيعة كل طبقة على حدة وما تحتويه من مميزات خاصة ، كالحفريات مثلا ، سيؤدى الى الكشف عن تكرار لطبقات بعينها مرة أو عدة مرات فى التعاقب وظهور تلك الطبقات فى مستويات مختلفة فى المجموعة ، وهذا دليل على سابق تعرض المجموعة الأصلية لحركات الطى وانعكاس التعاقب فى بعض أجزاء الوضع الجديد لها ، كما هو مبين بالشكل (٢) فالجزء الأسفل « أ » يوضح تعاقباً طبيعياً سليما وعند نهايته ، فى الطبقة رقم ٤ ، ينعكس التعاقب فى الجزء «ب» نتيجة لحركة الطى ، فتكون أسفل الطبقات فى



شكل (٢)

تسببت هذه الطية فى تكرار تتابع الطبقات وانقلابه فى جزء منها (ب)

هذا الجزء هى أحدثها ، وأعلاها هى أقدمها ! ثم ينعدل التعاقب ثانياً فى الجزء « حـ » . وهذا المثال يبين الأهمية القصوى للدراسة المتأنية الدقيقة الواعية للطبقات ومميزاتها المختلفة وطبيعتها ، قبل محاولة ترتيبها ترتيباً زمنياً واستنتاج تاريخها الجيولوجى .

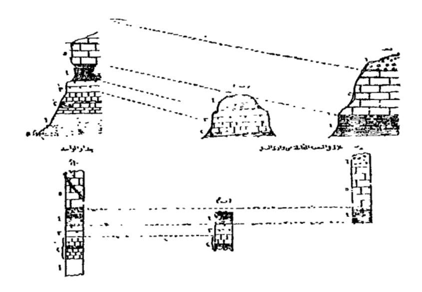
٣ الترابط الحجرى والحفرى بين الطبقات
(المضاهاة أو التوفيق بين الطبقات)

كان من نتائج اكتشاف وليم سميث لقانون تعاقب الطبقات أن توصل الى تطبيقات عملية هامة فى علم الجيولوجيا قام بها هو نفسه لأول مرة ، فأثبت فائدتها الكبيرة فى مقارنة التتابعات الصخرية بعضها ببعض وتعيين الأعمار النسبية للطبقات التى تحتوى عليها فى الأماكن المختلفة . وتتلخص هذه التطبيقات فى الاستفادة من تعيين العمر النسبى لطبقات مميزة فى قطاع ما ، وتعيين الطبقات المشابهة لها فى أية قطاعات أخرى ثم ربط هذه الطبقات المتشابهة بعضها البعض ، وتحديد الأعمار النسبية لجميع الطبقات الأخرى منسوبة اليها . هذه العملية تسمى عملية الترابط أو المضاهاة أو التوفيق بين الطبقات .

الترابط الحجري :

يمكننا تفهم كيفية اجراء عمليات الترابط بين الصخور لو أننا طبقناها على مثال حقيقي . فلو أننا درسنا تتابعاً ما بعناية ، كذلك الذى أشرنا الى وجوده في جدران منطقة الواحات الخارجة والداخلة (شكل «١»)، وتعرفنا على الخصائص والمميزات الحجرية لجميع طبقاته ، ثم حددنا الأعمار النسبية لها بتطبيق قانون التعاقب ، أي بتسجيل ترتيبها حسب تتابعها في القطاع ، ثم لاحظنا وجود تتابع آخر من طبقات مشابهة ، كذلك الذى يوجد في التلال المنتشرة داخل الواحات ، لأمكننا اجراء المقارنة أو عملية الترابط بين طبقات كل من التتابعين في المكانين المبينين ، ولأمكن بذلك تسجيل التعاقب الزمنى والأعمار النسبية للطبقات في المكان الجديد ، (انظر شكل « ١ ») .

ولكن اذا فرضنا أننا لم نجد نفس التتابع كاملا في المنطقة الجديدة (بسبب تعرضها لعمليات الحت والتعرية التى أزالت أجزاء منها) كما هو الحال في اصخور المناظرة التى تكون سفوح سلاسل التلال التى تحد وادى النيل في مصر العليا ، فان العملية تحتاج الى شيء من التصرف . والدراسة الدقيقة للخصائص الحجرية للطبقات في تلك المنطقة ستؤدى الى التعرف على طبقة أو أخرى تضاهي تماماً احدى الطبقات التى نعرفها في القطاع الأول ، وبذلك يمكن الربط بينهما ومعرفة الوضع الزمنى النسبى للطبقة الجديدة ، وبالتالي يمكن تعيين الأعمار النسبية لما يليها أو ما يسبقها من طبقات في التتابع الجديد الناقص . وهكذا يمكن اجراء الترابط بين جميع الطبقات في القطاعات المختلفة ، (شكل ٣) ، وبذلك يمكننا توضيح التاريخ الجيولوجي والتتابع الزمنى للصخور في منطقة واسعة . وتسمى عملية التوفيق بين الطبقات وتحديد أعمارها النسبية في أماكن مختلفة بهذه الطريقة ، أى على أساس دراسة مميزاتها الحجرية بعملية الترابط الحجرى ، وهى احدى نتائج التطبيقات العملية لقانون تعاقب الطبقات.



شـــكل (٣)

كيفية الربط بين الصخور ومضاهاتها فى منطقة واسعة وبين تتابعـــات غير كاملة .

أ : قطاع يبين تتابع كامل فى جدار واحة بالوادى الجديد .

ب ، د : قطاعان بالمنطقة المقابلة بوادى النيل ويلاحظ أن التتابع فى «ب» ينتهى من أعلى بالطفل الأسناوى ، أما فى «د» فيبدأ من أسفل بالطفل الأسناوى . ويلاحظ من تتبع الخطوط المنقطة كيفية الاستفادة من التعرف على الطفل الاسناوى فى مضاهات الطبقات فى القطاعات الثلاث .

تمثل الأعمدة أ ، ب ، د التتابع الصخرى فى القطاعات الثلاثة بحيث يتخذ الطفل الأسناوى مستوى واحداً فيسهل توضيح عملية المضاهاة .

٥ ــ الصخور الليبيـــة .

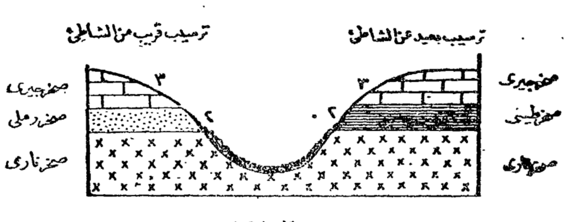
٤ ــ الطفل الأسناوى .

٣ ــ الطباشير الناصع .

٢ ــ حجر جيرى به رقائق من الطفل .

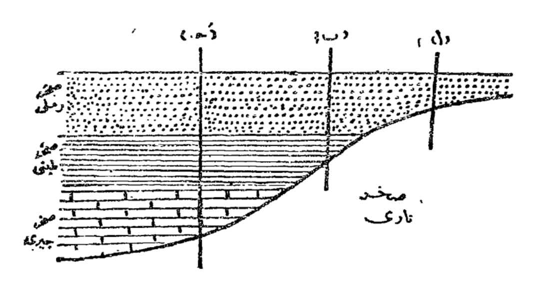
١ ــ الحجر الرملى النوبى .

ولكن هذه الطريقة في الترابط تكون مأمونة العواقب نسبياً عندما تستعمل للربط بين الطبقات في منطقة ترسيبية واحدة ، حيث لا تحدث تغيرات أساسية في طبيعة الطبقات في المناطق المتباعدة ، فغالباً ما تحدث تغيرات أساسية في طبيعة الصخور التي تترسب في نفس الوقت وذلك حسب ظروف البيئة التي تترسب فيها . فمثلا ، في نفس الوقت الذي تترسب فيه الآن رواسب طينية في وادي النيل ، تترسب رواسب رملية في الصحراء الغربية ، مما يشكل صعوبة كبيرة في عمليات المقارنة والربط بين الطبقات التي تتبع مناطق متباعدة ، وحتى في المنطقة الواحدة فان مثل هذه التغيرات قد تحدث ، ولكن آثارها لا تكون شديدة بالدرجة التي تعرقل عمليات الترابط الحجري تماماً ومثل هذه التغيرات تسمى بالتغيرات الجانبية ، وهذه تحدث غالباً في الصخور التي تترسب بالقرب من الشواطىء . فعندما تترسب طبقة بالقرب من الشاطىء يغلب عليها التركيب الرملي ، فاذا ما تتبعناها بعيداً عن الشاطىء في تجاه البحر نجد أنها تتحول تدريجياً الى التركيب الطيني ؛ واذا كانت هناك مجموعة من الطبقات في منطقة واسعة وتحتوى على مثل هذه الطبقة ، وحدث أن تعرضت المنطقة لعوامل التعرية مما أدى الى حفر واد واسع مثلاً ، واخترق هذا الوادي مجموعة الطبقات فانه سيظهر على أحد الجانبين تتابعاً يختلف عن ذلك الذي يظهر على الجانب الآخر من حيث التركيب الحجري ، ولكن كلا التتابعين واحد من حيث الترتيب الزمني ، شكل (٤).



شكل (٤)

ومن الصعوبات الأخرى التى تواجه الجيولوجى فى الاستعانة بالترابط الحجرى لعمل السلم الزمنى هو التخطى شكل (٥) ، وهذا ما يحدث على حواف الأحواض التى تتكون فيها الصخور الرسوبية اذا كان هناك هبوط للبر بالنسبة للماء ، اذ تتخطى كل طبقة ما تحتها من طبقات . وكما يتضح من الشكل (٥) ، يعطى المؤرخ الجيولوجى تاريخاً خاطئاً للحوادث الجيولوجية اذا اقتصر فى دراسته على المقطع عند النقطة (ا) فى الشكل ، فيقول تكون صخر نارى ثم ترسب فوقه صخر رملى.

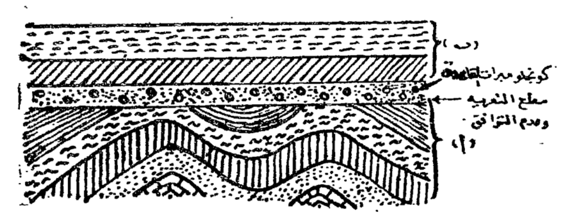


شكل (٥) التخطى

فاذا وضع تأريخه أو سلمه الزمنى على هذا الأساس كان سلماً زمنياً غير صحيح ، اذ قد ترك فترة من الزمن يمثلها رسوب الصخر الجيرى والصخر الطينى . واذا قصر دراسته على المقطع عند (ب) ضاع من سلمه تلك الفترة التى تمثل الصخر الجيرى عند (حـ) .

والصعوبة الثالثة عند الاستعانة بالترابط الحجرى فقط هى عدم التوافق بين مجموعتين متتاليتين من الصخور ، شكل (٦) . وفى هذه الحالة نجد أنه قد ترسبت عدة طبقات من صخور مختلفة فى قاع البحر ، ثم تحت تأثير حركات بانية للقارات انقشع عنها البحر ، وأصبحت جزءاً من

اليابسة ، وهنا بدأت عوامل التعرية تعمل فيها وأزاحت جزءًا منها وتكوّن ما يسمى بسطح التعرية أو سطح الحتّ • ثم عاد البحر نتيجةً لعوامل أخرى ، وغطى هذه الطبقات ، ثم رسّب فوق سطح التعرية مجموعة أخرى من الصخور ، نَتَجَ ما يُسَمّى عدم التوافق بين مجموعتي الصخور (ا ، ب في شكل (٦)) •



شــكل (٦)

أى أنّ المجموعة العليا لم تتبع مباشرةً المجموعةَ السُّفلى في الترسيب، بَلْ أن بينهما حِقْبَةً من الزمن يُمثلها سطحُ التعريةِ لم تُرَسَّب فيها صخور • فاذا لم ينتبه الجيولوجي الى سطح التعرية هذا ، فمن الواضح أنه يخطىءُ في التاريخ وتَسقُطُ من حسابه تلك الفترةَ من الزمن التي تُمَثِّلُ سطح التعرية • وبهذه المناسبة نَذْكر أنه في كثير من الأحيان يمكن معرفة وجود عدم التوافق اذا وُجِد في احدي الطبقات كونجلوميرات، اذ أنَّ وجودَ الكونجلوميرات دليلٌ على أنَّ المنطقةَ كانت في وقت من الأوقات جزءًا من الشاطىء ، لأنَّنا رأينا أنَّ الكونجلوميرات البحرية دائماً تتكون على الشاطىء ، وتسمى هذه الكونجلوميرات باسم كونجلوميزات القاعدة أو الأساس ، اذ أنها تكون قَاعِدةَ المجموعةِ العليا من الطبقات فوق سطحِ التعرية •

والخلاصة هي أن طريقة الترابط الحجري محدودةُ الاستعمال من حيث اتساع الرُّقْعَةِ التي يمكن تَطْبيقُها فيها •

الترابط الحفرى

بالنسبة لهذه الصعوبات التى تعرقل استعمال طريقة «الترابط الحجرى» بين الطبقات وخاصة عند اجراء الترابط بين طبقات تقع فى مناطق متباعدة فلا بد لنا من وجود شواهد أخرى للترابط غير مجرد الصفات الحجرية للصخور . وقد وفق الى الكشف عن مثل هذه الشواهد لأول مرة وليم سميث أيضاً ، فقد اكتشف من دراساته وملاحظاته الدقيقة لمميزات الصخور التى كان يعمل عليها ، أن كل طبقة تمتاز الى جانب صفاتها الحجرية الخاصة عادة باحتوائها على بقايا لما كان يعيش فى أثناء فترة ترسيبها من حيوانات ونباتات قديمة . وهذه البقايا هى ما تسمى بالحفريات أو المستحاثات . ومن دراسات وليم سميث ومقارناته الواعية لتلك البقايا فى الطبقات المختلفة وجد أن كل طبقة أو مجموعة صغيرة من الطبقات تمتاز بأصناف معينة من الحفريات تختلف عن تلك التى توجد فى غيرها . ومن ثم تجلت له فكرة الاستفادة من تحديد وتعريف المحتويات الحفرية للطبقات المختلفة فى امكان التعرف بواسطتها على الطبقات نفسها اذا وجدت فى أماكن جديدة ، وبالتالى امكان تعين ترتيبها الزمنى أو أعمارها النسبية على هدى مقارنتها بنظائرها فى أماكن وجودها الأولى .

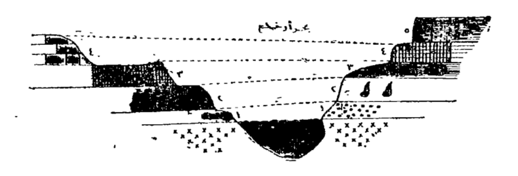
ويمكن صياغة نتائج دراسات وليم سميث هذه بالنسبة لامكان التعرف على الطبقات من محتوياتها الحفرية فى شكل قانون هكذا : «كل طبقة أو مجموعة من الطبقات محتوية على حفريات ، تتميز بحفرية خاصة أو مجموعة خاصة من الحفريات تمكن من التعرف عليها أينما وجدت » . ويسمى هذا القانون بقانون التعاقب الحفرى ، أو القانون الثانى فى علم الطبقات .

وقد اتضح فيما بعد من الدراسات الدقيقة على طبيعة الحفريات أنها ليست كلها مفيدة فى المجال ، فبعضها يمتد مداه الزمنى عبر

فترات طويلة من التاريخ الجيولوجى ، فلا يكون مفيداً فى تعيين فترات قصيرة مُعَيَّنَة ، كما أنَّ بعضَها ليس له انتشار جغرافى واسع ليُفيد فى عمليات الترابط بين المناطق المتباعدة وبين القارات . وكذلك وُجِد أنَّ بعض الحفريات لا تُوجَد الاَّ فى بيئات ترسيبية بعينها ، فاذا ما اختلفت بيئةُ الترسيب فى منطقتين يحدث فيهما ترسيبٌ متزامنٌ (أى فى نفس الوقت) ، فانَّ الحفريات التى تتخلف فى طبقات منطقة منهما تكون مختلفة عن الحفريات التى تتخلف فى الأخرى برغم تزامنهما . وقد وُجِد بالبحث أنَّ هناك حفريات لا تتقيد فى وجودها ببيئة ترسيب واحدة بل تُوجَد هى نفسُها فى عدد من البيئات مثل الحجر الجيرى والطين . ويُستخلَصُ من هذا اذن أنّه لتكُونَ الحفريةُ مفيدةً فى عمليات الترابط يجب أنْ تتوفّر فيها ثلاثةُ شروط على أحسن تقدير هى : (١) المدى الزمنى القصير ، (٢) المدى الجغرافى الواسع ، (٣) عدم التّقيُّد ببيئة ترسيبية واحدة أو بعدد مُحدَّد من بيئات الترسيب . ومثل هذه تسمى الحفريات المُرْشِدَة ، وهى التى يُعْتَمَدُ عليها فى عمليات الترابط الحفرى .

واذا توفّر وجودُ مثل هذه الحفريات المُرشِدة فى بعض الطبقات فى قطاعين بمنطقتين مُتَباعِدتَيْن ، كأنْ تكُونَا فى اقليمين مختلفيْن أو قارّتين مختلفتين مثلا ، فانه بالرغم مما قد يكون هناك فى اختلافات شديدة أو تغيرات جانبية أساسية فى الطبيعة الحجرية للطبقات فى القطاعيْن ، فانّه يكون من المُمْكِن التّوفيقُ بينهما بواسطة عملية الترابط الحَفْرى ، كما يتضح من شكل (٧) .

وبالنسبة لما رأينا من أهمية الحفريات فى الاستعانة بها كوسيلة مأمونة أكثر للربط بين الطبقات وتحديد أعمارها النسبيَّة فلا عَجَبَ أنْ كانَتْ مادة لدراسات دقيقة منذ وقت طويل . وسَنُورِدُ فى الفصل القادم نَبْذَةً عن طبيعتها وأقسامها وتراكيبها المختلفة حتى نَتمكَّنَ



شكل (٧) الترابط الحفرى

يلاحظ أن التتابع الصخرى على أحد جانبى الخليج يختلف عنــه على الجانب الآخر ومع ذلك فقــد أمكن اجراء الترابط بين التتــابعين بواسطة الحفريات . فالطبقتين المرقومتين بالرقم (٢) على جانبى الخليج بهما حفريات من نوع واحد وكذلك الطبقين المرقومتين بالرقم (٣) . وهاتان الطبقان همــا اللتان أخذتا كأساس لعملية الترابط والمضاهاة .

من التمييز بين الأصناف المُختلفة منهـا عند الاسـتفادة بهـا فى التاريخ الجيولوجى .

٣ ــ الحفريات وأمثــلة لهـا

الحفريات أو المستحاثات هى بقايا أو آثارُ الكائنات الحيَّة التى عاشت فى الأزمنة القديمة وتحت ظروف مختلفة عن الظروف الحاضرة ثم دُفِنَتْ فى الصــخور بعد موتهــا . وليس من المُحتَّم أن تكون كل بقــايا الكائنات القديمة من نبات وحيوان عُرْضةً للحفظ فى هيئة حفريات فى الصخور ، فهناك عوامل تساعد على اتمام عملية التَّحَـفُّر وعوامل أخرى تمنع ذلك أو تُتْلِفُ الحفريات وتُزيلُها بعـدَ تحفُّرها ، والظروف المنـاسبة لاتمام عمليةَ التحفُّر هى :

(١) وجودُ هيكلٍ صُلْبٍ للأصل الحيوانى أو النباتى للحفرية .

(٢) الدَّفن السريع فى الرسوبيات .

(٣) وجود الوسط المناسب لحدوث عملية احلال المادة المعدنية محل الأصل العضوى للحفرية •

أما العوامل التى تعرقل عملية التحفُّر فهى :

(١) التعرُّض الطويل لعوامل التَّجوية أو التحلُّل •

(٢) وجود بقايا الكائن الحىّ فى طبقات شديدة المسامية بحيث تعمل المياه المتخللة على اذابة مادة هذه البقايا ومحو آثارها تماماً •

(٣) عوامل التحول والحركات الأرضية : فحتى اذا تمّ تحفُّر البقايا فأحياناً ما تنتاب الطبقات التى تحويها عوامل التحوُّل أو الحركات الأرضية مما يُشوِّه الحفريات ويذهب بمعالمها •

كيفية حفظ الحفريات :

تحفظ بقايا الكائنات الحيَّة فى الصخور بطرق عدة تختلف حسب ظروف البيئة وطبيعة الكائن ، وأهمها :

(١) الحفْظ الكامل للكائن الحى بأجمعه : وهذه طريقة نادرة جداً وتستلزم اصْطياد الحيوان بسرعة بمجرد موته أو وهو فى حالة الحياة فى وسط يَحُول بينه وبين عوامل التحلُّل احالة تامة • ومن أمثلة الحفريات التى احتُفِظَ بها بهذه الطريقة حفريات حيوان الماموث أو الفيل المشعر ، لوحة (٥) ، المطمورة فى باطن الثلوج بسيبريا منذ عصور الجليد الأخيرة، وهى ما زالت هناك محتفظة بكل تفاصيلها الدقيقة من شعر ولحم ، وحتى العُشْب الذى كانت تتغذى عليه فى أفواهها ، منذ الآلاف من السنين ، منذ أن دَهَمَتْها رواسب الجليد السميكة • ومن الأمثلة الأخرى لمثل هذه الحفريات الحشرات التى لتصقت بالأفرازات الصمغية للأشجار فى أزمنة

أقدم من ذلك بعدة ملايين السنين فحفظت بجميع أجزائها مع تحول الصمغ الى الكهرمان ، شكل (٨) ؛ ومن المعروف أنه مما يزيد فى قيمة الكهرمان كجوهر كريم ويدل على قدمه ندرته هو احتواؤه على حفريات لحشرات قديمة بائدة •

(٢) الاحتفاظ بالأجزاء الصلبة من الهيكل بمادته الأصلية :

وهذه الكيفية شائعة بين البقايا الحفرية للكائنات فى الصخور الحديثة نسبياً حيث توجد أعداد غفيرة من الأصداف بمادتها الأصلية وأحياناً عظام الفقاريات وأسنانها على وجه الخصوص ، أما المادة العضوية فتكون قد تحللت وزالت تماماً •

(٣) التحجر : ومعناه تحول المادة الأصلية للهيكل الى مادة حجرية أو معدنية بطريقة الاحلال المتبادل • وتوجد هذه الكيفية من التحفر فى حفريات العصور القديمة • والاحلال يتم بالتبادل الجزيئى بين المواد المعدنية الذائبة فى المياه التى تتخلل الصخور المحتوية على بقايا الكائنات الحية ومادة الهيكل للكائن الحى ، وقد يكون هذا الاحلال بطيئاً جداً ؛ جزىء مكان جزىء ، وفى هذه الحالة تحتفظ الحفرية بجميع التفاصيل الدقيقة للهيكل الأصلى • وقد تكون مادة التحجر هى الجير أو مركبات الحديد (البيريت أو الليمونيت) ، وقد تكون السليكا • ويزودنا التحجر بمادة السليكا بأمثلة جميلة وملفتة للنظر من الحفريات ، مثل حفريات جذوع الأشجار التى توجد فى هيئة ما يسمى بالغابات المتحجرة • وتكون فيها الحفريات محتفظة بأدق التفاصيل الأصلية كالأنسجة والخلايا النباتية نفسها ولكن لكونها من مادة السليكا • وأمثلة الغابات المتحجرة شائعة فى المنطقة الواقعة من شرق القاهرة فى العباسية وعلى طول طريق القاهرة ـ السويس •

(٤) القوالب والطوابع : لقد أشرنا قبل ذلك الى احتمال اذابة المياه المتخللة للهيكل الصلب للحفرية • وكثيراً ما يكون هذا الهيكل وخاصة

فى حالة الأصداف كالمحار والقواقع قد امتلأ قبل ذلك بالمادة الصخرية التى دُفِن فيها ، وبذلك تكون نتيجة اذابة الهيكل تَبَقِّى قالبٍ صخرى له يدلُّ عليه ، وكثيراً ما يحمل طوابعَ بعض التركيبات الداخلية للهيكل .

أما الطوابع فهى آثار السطح الخارجى للهيكل على المادة الصخرية بعد زوال الهيكل نفسه . وفى بعض الأحيان يذوب الهيكل بعد مدة كبيرة ويبقى فى الصخر كلا القالبُ والطابعُ الخارجى ، ثم تترسَّب أحياناً موادٌ معدنية فى الفراغ المتروك بين القالب والطابع الخارجى بشكل الهيكل نفسه. ولكن يجب أن تُفَرَّق بين هذه الحالة وبين حالة التحفّر بالتحجُّر ، اذ أن التحفُّر فى الحالة الثانية يتم بالاحلال الجزئى لمادة الهيكل وليس بترسيب مادة معدنية فى الفراغ الناتج عن اذابة وزواله نهائياً .

(٥) آثار الكائنات الحية : لقد أشرنا قبلا الى الطوابع الحفرية وهى آثار خارجية للهيكل تظهر فى الصخور نتيجة للذوبان الطبيعى لمادة الهيكل، ولكن الآثارَ التى نعنيها هنا لا يكون ظهورُها بنفس الكيفية بل هى آثارٌ يتركها الكائن الحى نفسُه على القاع الصخرى للوسط الذى كان يعيش فيه نتيجة لنشاطه أثناء الحياة . ومنها آثار أقدام بعض الفقاريات القديمة والتى كانت تتركها فوق الطين الرطب الذى تجفِّفُه الشمس بعد ذلك قبل أن تغطيه طبقة من الرواسب الجديدة نتيجة عاصفة أو غير ذلك . وهناك آثارٌ حفرية أخرى تَحدُثُ نتيجة نوع آخر من النشاط الحيوى ، وهذه مثل مسالكِ الديدانِ فى الطين .

الصنيف والتركيب الأساسى للكائنات الحية

وخاصة ما يوجد منها فى هيئة حفريات

تنقسم الكائنات الحيَّةُ أساساً الى قسمين هما :

(١) المَمْلكة الحيوانية ، (٢) المَمْلكة النباتية .

وتنقسم كل من المملكتين الى عدد من الأقسام الكبرى تسمى القبائل، وينتمى الى كل قبيلة عدد من الطوائف تنقسم بدورها الى رتب ، والرتب تنقسم الى عائلات ، ويتبع كل عائلة عدد من الأجناس ، ويتكون كل جنس من عدد من الأنواع ، أى أن التقسيم التصنيفى للكائنات الحية يتبع هذا الترتيب التنازلى :

مملكة ـ قبيلة ـ طائفة ـ رتبة ـ عائلة ـ جنس ـ نوع .

وسنتناول هنا بالتعريف القبائل المختلفة للمملكة الحيوانية خاصة وما يتبعها من طوائف هامة ، وسنضرب مثالاً نموذجياً من الحفريات التى تمثل كل طائفة .

المملكة الحيوانية

(١) قبيلة الأوليات : وهذه تضم أكثر المجموعات الحيوانية بدائية . ويتكون الكائن الأولى من خلية واحدة . وأهم الطوائف التى تنتمى لهذه القبيلة من وجهة النظر الجيولوجية اثنتان :

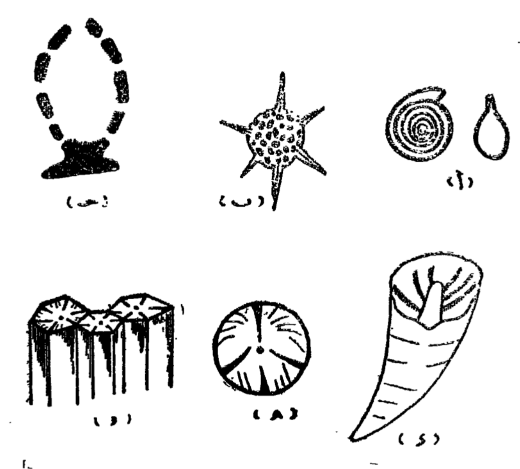
(١) الفورامينفرا أو المنخربات ، شكل (٨ ـ أ) ،

(٢) الراديولاريا أو الشعاعيات شكل (٨ ـ ب) . وترجع أهميتها الجيولوجية لوجود صدفة صلبة يفرزها الحيوان حول نفسه ، وتكون فى المنخربات عادة من كربونات الجير وفى الشعاعيات من السليكا. وأفراد هاتان الطائفتان حيوانات بحرية هائمة أساساً ودقيقة الحجم ، ولو أن هناك بعض أفراد الفورامنيفرا تبلغ أحجاماً كبيرة قد تصل الى حوالى ٣ سم فى القطر مثل جنس نمبوليتس Nummulites الذى يكثر فى الطبقات الجيرية من جبل المقطم وتلال منطقة الأهرام والأحجار التى بنيت منها الأهرام نفسها .

(٢) قبيلة الاسفنجيات : وتضم هذه القبيلة أبسطَ أصنافِ الحيوانات العديدة الخلايا ، والشكل الأساسى للحيوان مثل اناء الزهر ، وجدرانه تحمل ثقوباً دقيقة يمتص خلالها تياراً من الماء الى داخل الحيوان بواسطة الحركة الدائمة لأهداب تُبَطِّنُ الدّاخل . ويُطْرَدُ الماء الى الخارج عن طريق الفتحة العليا بعد أن يحصل الحيوان منه على أيَّةِ مواد غذائية عالقةٍ به . ويُدَعِّم جُدْرَانَ الحيوان هيكلٌ قد يكون من مادة جلديةٍ أو من أشواك دقيقةٍ كَلْسية أو سليكية . وهذه الحيوانات بحرية قَاعية أى تعيشُ ملتصقةً بالقاعِ ، شكل (١٨ - حـ) .

(٣) قبيلة الجَوْفْمَعَويَّات : هذه حيوانات عديدة الخلايا أرقى قليلا من الاسفنجيات وتتميز بوجود حلقة من اللوامس حول الفم أو الفتحة العليا ، وأكثر أمثلتها شُيوعاً وأُلْفَةً الطائفةَ التى ينتمى اليها حيوان الهَيْدرَا وكذلك طائفة المرجانيات التى تسمى أحياناً بالحيوانات الزَّهْرِيَّة أو الأَنْثُوزوا . والأخيرة جوفمعويات تفرز هيكلا جيرياً صلباً خارج جدار الجسم ، ومن ثَمَّ فهى شائعة كثيراً بين الحفريات . والشكل العام للحيوان فى العادة يكون فى هيئةِ الكأسِ أو الفنْجَان ، وينقسم فراغُ الفنجان من الداخل بواسطة مجموعةٍ من الحواجز الرأسية الشعاعية وكذلك مجموعة من الحواجزِ الأفقيةِ المتعاقبة . وغالباً ما يَرْبطُ الحواجزَ الرأسية عند ملتقاها فى المركز عامودٌ جيرى .

وتعيش بعض المراجين كأفراد مستقلة أو فى هيئة مستعمرات ، وهى حيوانات بحرية وكثيراً ما تُكوِّن تَجَمُّعَاتٍ هائلة ممتدة بالقرب من الشواطىء تسمى الشُّعَابُ المَرجانية .



شكل (٨)

(ا) صدفة حيوان أولى (فورامينفرا) .
(ب) صدفة حيوان أولى (راديولاريا) .
(حـ) قطاع طولى فى اسفنج . (د) هيكل حيوان المرجان .
(هـ) قطاع عرضى فى مرجان رباعى يبين الحواجز الأربعة الأساسية.
(و) أفراد فى مستعمرة لمرجان سداسى يبين الحواجز الستة الأمامية.

وتنقسم طائفة المرْجانيات الى عدة مجموعات ، ولكن أهمها من الناحية الجيولوجية مجموعتان مشهورتان بحفرياتهما الهامة المفيدة فى التأريخ الجيولوجى وهما :

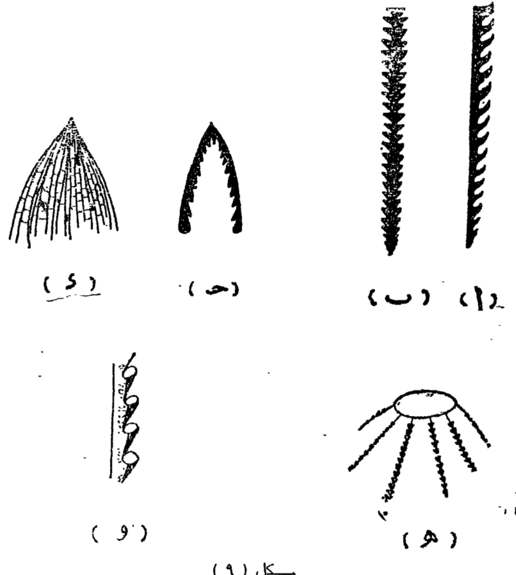
(١) المرجانيات الرباعية ، (٢) المرجانيات السداسية . وتمتاز الأولى بانقسام فراغها طوليا بواسطة أربعة حواجز أساسية ، شكل

(٨ هـ) ، وهى مجموعة بائدة ظهرت فى الأزمان القديمة من التاريخ الجيولوجى ، بينما الثانية تمتاز بانقسام فراغها طوليا بواسطة ستة حواجز أساسية شكل (٨ — و) وقد ظهرت فى أزمنة تالية بعد انقراض المرجانيات الرباعية تماماً .

وهناك مجموعة مُشَوِّقَة من الجوفمعويات البائدة الغريبة تسمى الجرابتوليتات وهذه حيوانات بحرية صغيرة الحجم كانت تعيش فى مستعمرات من عدد من الأفراد يشبه الواحد منها حيوان الهيدرا شبهاً ظاهرياً ، ويتكون من كأس صغير مخروطى الشكل ، وتتصل كل مجموعة من هذه الأفراد مع بعضها البعض بواسطة قناة مشتركة مكونة فرعاً . وقد تتكون المستعمرة من فرع واحد أو من عدة أفرع ، وقد تتصل الأفرع من أحد أطرافها بتركيب منتفخ يشبه العوامة ، كما أن فروع المستعمرات الجرابتوليتية قد تحمل صفاً واحداً أو صفين من الأفراد أو أكثر من ذلك ، شكل (٩) . والجرابتوليتات حيوانات بائدة كانت مزدهرة فى عصور جيولوجية قديمة جداً وبادت عن آخرها قبل نهاية الثلث الأول من السجل الجيولوجى الحاوى للحفريات . وكانت واسعة الانتشار فى جميع بحار العالم فى ذلك الوقت ، ولهذا فهى من الحفريات المرشدة الممتازة لذلك الجزء من الزمن الجيولوجى .

(٤) <u>قبيلة الجلد شوكيات</u> : هى من الحيوانات ذات الجلد المكسى بالأشواك ، والذى يحيط بهيكل صلب فى هيئة ورقة مكونة من عدد كبير من الألواح الجيرية . والجلد شوكيات كلها حيوانات بحرية ، وتنقسم القبيلة أساساً الى قسمين كبيرين :

أ — <u>الجلد شوكيات الجالسة</u> : ومن أمثلتها النموذجية الحيوانات المعروفة بزنابق البحر أو طائفة الكرينويديا ، وهذه درقتها تشبه الكأس وتلتصق بقاع البحر بواسطة ساق مكونة من أقراص جيرية ، ويتفرع من أعلى الكأس خمسة أذرع أو عشرة تتكون من عظيمات جيرية كذلك . وزنابق البحر حين توجد فى الحالة الحفرية تسمى



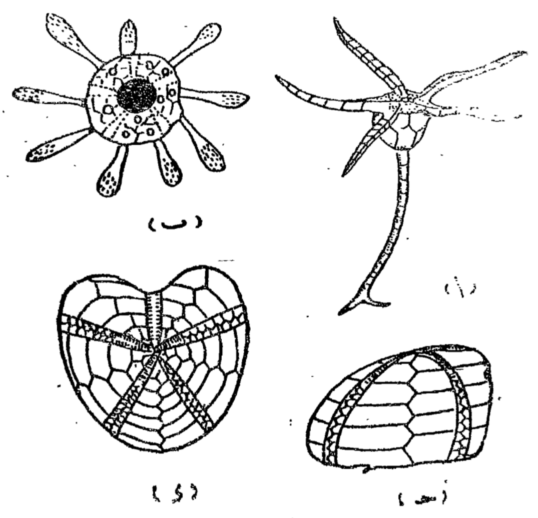
شكل (٩)
(أشكال مختلفة من مستعمرات الجرابتوليت)

الزنابق الحجرية ، وقد كانت أكثر شيوعاً فى الأزمنة الجيولوجية القديمة منها فى الأزمنة الحديثة شكل (١٠ ــ أ) .

ب ــ الجلد شوكيات الهائمة : ومن أمثلتها قنافذ البحر أو طائفة الاكينويديا ودرقتها كروية أو نصف كروية وكثيراً ما تتخذ شكل القلب وعندئذ تسمى القنافذ القلبية البحرية . وتتكون الدرقة من عشرين صف طولى من الألواح الجيرية المرتبة فى مجموعات زوجية ؛ وهناك نوعان من أزواج الصفوف : خمسة أزواج ضيقة ذات ألواح مثقبة ، فى كل لوح زوج من الثقوب ، وخمسة أزواج أخرى من الصفوف

متبدلة معها ، وألواحها عريضة وغير مثقبة وفى الغالب تحمل بروزات واضحة من أماكن التصاق الأشواك . وهذه الأشواك قد تكون دقيقة أو غليظة ، وفى الحالة الأخيرة تسمى القضبان الهيكلية ، شكل (١٠ - ب ، جـ ، د) .

والقنافذ البحرية لا تلتصق بالأرضية ، وتعيش هائمة اما سابحة أو زاحفة فوق الطين . وحفرياتها بعكس الزنابق البحرية أكثر شيوعاً فى الأزمنة الجيولوجية الأخيرة منها فى الأزمنة القديمة .



شكل (١٠)

أ - زنبق بحرى : من الجلد شوكيات الجالسة ،
ب - قنفذ بحرى منتظم الشكل : من الجلد شوكيات الهائمة ، لاحظ القضبان الهيكلية على الدرقة ،
جـ ، د - قنفذ بحرى غير منتظم الشكل ، منظر جانبى ومنظر علوى على الترتيب ،

(٥) قبيلة المِسْرَجيّات : هذه القبيلة تضم حيوانات رخوة يوجد جسمها داخل هيكل جيرى عادة مكون من جزئين ، وكل جزء منها فى هيئة المصراع ، أى أنّ الصَّدَفَةَ هنا ذات مصراعين ، ويمتاز أحدُ المصراعين بمنقارٍ ظاهرٍ غالباً ما يكون معقوفاً قليلا . وهذا المصراع يسمى المصراع العُنُقِى ، اذ أنّ طرفه به ثقب يخرج منه عنق لَحْمِى يلتصق به الحيوان بالأرضية التى يعيش عليها ، شكل (١١ ـ أ ، ب) ، ويتلاقى مصراعا الصدفة عند هذه الناحية العنقية ، وقد يتصلان بمجرد غشاء جلدى ، كما فى حالة المسرجيات غير المُعَشَّقَةِ ، أو بواسطة أسنان تبرز من حافة المصراع العنقى وتعَشَّقُ فى نُقَرٍ مقابلةٍ لها فى حافة المصراع الآخر ، كما فى المسرجيات المعشقة . ويسمى المصراع الذى تُعَشَّقُ فيه أسنان المصراعِ العنقىِ بالمصراع العَضُدِىِّ نسبة الى وجود هيكل غريب الشكل فى داخله يكُون أحياناً فى شكل زوجٍ من البُروزات أو فى شكل حلْقَةٍ مَطْوِيةٍ من الجير ، شكل (١١ ـ أ ، ب) ، أو زوج من الحلزُونات المقروطيةِ ، ويسمى هذا الهيكل بالهيكل العَضُدِى .

والمِسْرَجيات كلها حيوانات بحرية قاعيَّةٌ جالسةٌ . وهى شائعةٌ كحفريات هامة فى كل الأزمنة الجيولوجية ، ومنها عائلاتٌ وأجناس تنتمى اليها حفريات مرشدة مميزة لعصور جيولوجية بعينها سيأتى ذكرها فيما بعد عند دراسة التقسيم الزمنى للحقب والعصور الجيولوجية .

(٦) قبيلة الرّخْوِيّات : هذه هى الحيوانات الرخوة الحقيقية مثل القواقع والمحارات . وأجسامها الرّخوةُ محاطةٌ بصدفةٍ من الجير قد تكون مُكَوَّنَةٌ من مصراعٍ واحدٍ حلزونى الشكل عادة أو مخروطىّ الشكل أحياناً أو فى أشكال أخرى . وقد تكون ذات مصراعين ، كما فى حالة المحارات . والرخويات تكوّن قبيلةً كبيرة جداً ومنها أشكال بحرية ونهرية وبرية ومنها الهائمة والجالسة والقاعية الزاحفة أو الحافرة .

وتنقسم هذه القبيلة الكبيرة أساساً الى ثلاث طوائف هى :

أ ـ المَحَارِيَّات ، ب ـ القَوْقَعِيَّات ، جـ ـ الرأسقدميّات .

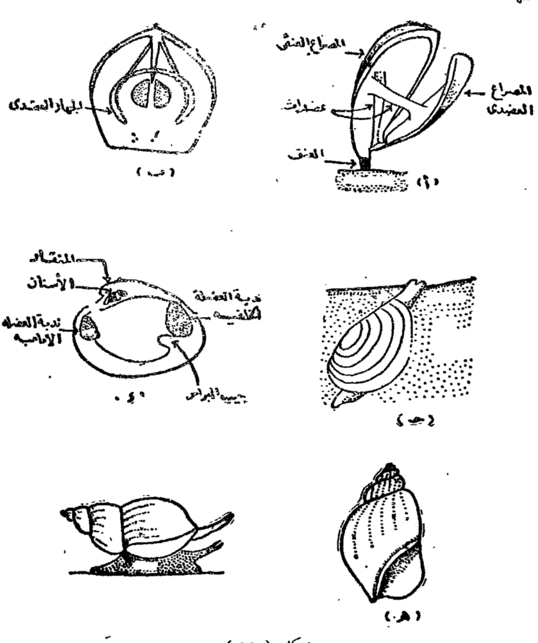
(أ) طائفة المَحَاريَّات : وهـــذه هى الرخويات ذات المصراعين ، وتشبه صدفتُها فى ذلك صدفة المسرجيات شبهاً ظاهرياً ، اذ أنَّ المصراعين هنا متساويين ، وأحـدها فقط له منقـارٌ ظاهرٌ بعكس المسرجيات فهما غير متساويين ، وأحدها فقط له منقار وفتحة لخروج العنق أو عضو التثبيت ، وهذا غير موجود فى المحاريات • ويرتبط المصراعان فى المحاريات أيضـاً عند الطرف المنقارىّ بواسطة غشاء جلدىّ وعدد متَفَاوت من الأسنان فى كل مصراع تَعْشَقُ فى نُقَرٍ فى المصراع المقابل • كما أن المصراعين يرتبطان كذلك من الداخل بزوج من العضـلات تمتد كل عضلة بعرض الصدفة من باطن مصراعٍ الى باطن الآخر • واحدى هذه العضـــلات أماميةٌ وصغيرةٌ والأُخــرى خلفية وكبيرة • وكما فى حالة المسْرجيات تبدو لهما نُدَبٌ فى داخـل الصدفة تبين أماكنَ التصاقهما بها ، وتبدُو النُدْبَةُ الأمامية صغيرةً والخلفيةُ كبيرةً • ومن ذلكَ يُمكننـا تمييز الجزءِ الأمامى للصـــدفة والجزء الخلفى ، ومن ثَمَّ المصراعُ الأيمن والمصراعُ الأيسر ، شكل (١١ ــ ج ، د) •

وتُحاطُ الأجهزة الرخوة للحيوان من الداخل بغشاء جلدى يسمى البُرْنُس ، وهذا يظهر مكان التصاق حافته الخارجية بباطن الصدفة قرب حافتى المصراعين فى هيئة خَطّ يصل بين نُدْبَتَىْ العضلات • ويكون لهذا الخط عادة التواءٌ جَيْبِىٌ عند مؤَخَّرته يسمى جَيْبُ البُرْنس ، ويبين مكان جهـــاز داخـــلى يسمى الزَرَّاق ، وهو زوجٌ من الأنابيب احدَاهُمَا تمتص المـاء بحركة شهيقية والأخرى تطرده بحركة زفيريَّة •

والمحاريات من أكثر الحيوانات وجوداً فى هيئة حفرياتٍ فى كل العصور الجيولوجية ، ولكنَّها كانت أكثر شيوعاً فى الأزمنة الجيولوجية المُتأخِّرة عنها فى الأزْمنة المُتقدمة • ومنها عائلاتٌ وأجناسٌ كثيرة تميز عصـوراً جيولوجية معينةً وتستخدم كحفريات مرشدة •

ب ــ طائفة القوقعيات : هذه رخويات أصدافها وحيدةُ المصراع الذى الذى يتخذ الشكل الحلزونىّ ، شكل (١١ ــ هـ ، و) ، ويحمـل زخرفةً معقدةً غالباً فى هيئة بروزات وضلوع قد تكون طولية أو عرضية من كلاً

النوعين • وتتميز صدفة القوقعيات بأنّ فراغها غير مُقَسَّمٍ الى حجرات أى أنه لا توجد به حواجز طولية أو مُسْتعرضة • والقوقعيات واسعة الانتشار كحفريات فى صخور كل الأزمنة الجيولوجية وخاصـــة الأزمنة المتأخرة منهـا •



شكل (١١)

أ ـــ صدفة مسرجية تبين المصراعين والعضلات وعنق التثبيت .
ب ـــ منظر داخلى للمصراع العضدى لمسرجية ويبين الجهاز العضدى .
جـ ـــ صدفة محارة حافرة .   د ـــ المصراع الأيمن لصدفة محارة .
هـ ـــ صدفة قوقع (يلاحظ الالتفاف الحلزونى للصدفة) .
و ـــ صدفة لقوقع وبهـا الحيوان .

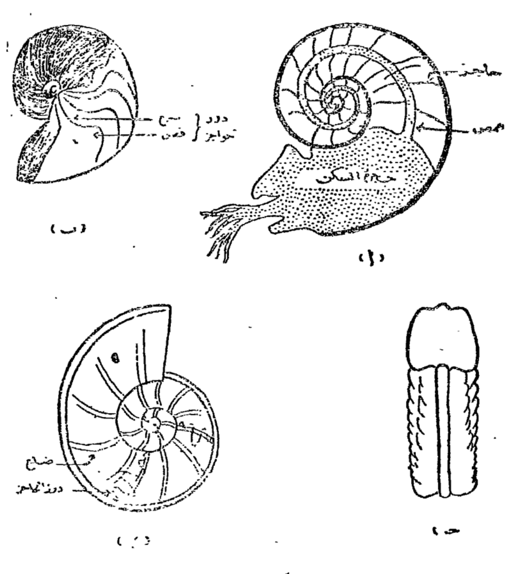
(جـ) طائفة الرأسقدميات : هذه طائفة هامة تتبعها عائلات وأجناس كثيرة منقرضة ، وكانت لها أهميتها الكبرى بين الكائنات الحيوانية فى العصور الجيولوجية القديمة ، وهى ليست ممثلة الآن الا بعدد قليل من الأجناس والأنواع التى تتبع بعض أقسامها فقط . والصدفة هنا وحيدة الا أن أهم ما يميزها عن صدفة القوقعيات هى انقسامها عرضياً بواسطة المصراع مخروطية أو حلزونية الشكل أو فى أشكال التفافية مختلفة ، الا أن أهم ما يميزها عن صدفة القوقعيات هى انقسامها عرضيا بواسطة عدد من الحواجز الى حجرات متعاقبة . وأهم أقسام هذه الطائفة :

أ ـ النوتيات ، ب ـ الأمونيات ، جـ البلمنيات .

(أ) النوتيات : وهذه الرتبة ممثلة فى العصر الحاضر بجنس واحد فقط هو جنس نوتيلوس اللؤلؤى ، وصدفته حلزونية فى مستوى واحد ، والتفافها مشدود ، أى أن كل لفة تحيط اللفة التى قبلها وتخفيها تماما أو تقريباً بحيث لا يظهر فى الخارج الا اللفة الأخيرة فقط . والصدفة مقسمة بواسطة حواجز عرضية الى عدد من الحجرات تتزايد فى السعة نحو فتحة الصدفة ، والحجرة الأخيرة هى أكبر الحجرات ويسكنها الحيوان فى حالة الحياة وتسمى بحجرة السكن . وجسم الحيوان متصل من مؤخرته بحبل لحمى طويل يخترق الحواجز العرضية ويمر بجميع الحجرات حتى ينتهى بالحجرة الأولى ويسمى هذا الحبل بالممص . والحواجز فى النوتيات مستوية أو متموجة قليلا ، وتبدو خطوط التحامها بالجدار الداخلى للصدفة فى شكل خطوط اما مستقيمة أو متموجة حسب شكل الحواجز ، شكل (١٢ ـ ب) ويبين شكل (١٢ ـ أ) قطاعا طوليا فى نوتى لتوضيح التركيب الداخلى .

ب ـ الأمونيات : هـذه الرتبة بائدة تماما ولا يعرف منها أى ممثلون بين الأحياء الحديثة ويعتقد أن الحيوان كان شديد الشبه بحيوان النوتيلوس الحالى . كما أن الشبه بين صدفة الأمونيات والنوتيات كبيرة فيما عدا موقع الممص وشكل الدرز . فالممص فى الأمونيات موقعه بالقرب من الحافة البطنية (أى الخارجية) للصدفة ، بينما هو فى

النوتيــــات يتوســـط الحـــــواجز (أى مركزى) ونادراً ما يـبكون بين مراكز الحـــــواجز والحــــافة الظهـــرية (أى الداخلـــــة) للصدفة . أما دروز الصدفة فى الأمونيات فهى أكثر تعقيداً وتعرجاً منها فى النوتيات ، وهى فى حالتها النموذجية تتكون من عدد من الانثناءات الشديدة المشرشرة، شكل (١٢) ، وتسمى الانثناءات البارزة نحو فتحة الصدفة بالسروج، أما المنخفضات المتبادلة معها فتسمى بالفصوص ، شكل (١٤ ـ حـ ، د) .



شكل (١٢)

ا : قطاع طولى فى صدفة حيوان نوتى .

ب ـ صدفة فارغة لحيوان نوتى، لاحظ خطوط الدرز المتموجة على جدار الصدفة

حـ،د : منظران لصدفة أمونيت فى «د» خط درز الحاجز الأمونى المشرشر .

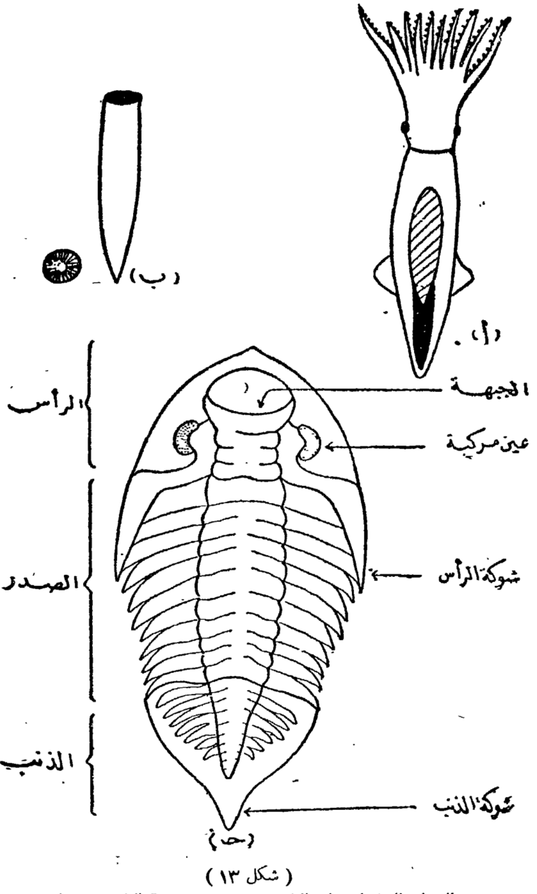
وقد لا حظنا فى النوتيات أن عدد السُّروج والفصوص أقل ، وأنها اذا وُجِدَت فهى ملساءُ غيرُ مُشَرشَرة •

وهناك فرق آخر بين صدفة الأمونيات والنوتيات يجدر بنا الاشارة اليه ، وهو أنَّ الصدفةَ فى النوتيات تكون ملساءَ من الخارج تماماً أوتقريباً ، بينما هى فى الأمونيات تكون فى العادة مزخرفةً بزخرفة جميلة معقدة من الأضلاع والعقد والأشواك أحياناً •

وقبل أن نترك الرأسقدميات يجدُر بنا الاشارة الى مجموعة غريبة بائدة أيضاً وصغيرة نوعا تتبع رتبةً ثالثة منها تسمى ثُنائيَّات الخياشيم ، وهذه المجموعة هى البلمنيَّات • وحفريات البلمنيات تتكون من أجسام جيرية أسطوانية الشكل ذات طرف مُدَبب وطرف بعرض الأسطوانة تشبه عموما السيجار أو رصاصة المدفع • والطرف العريض به منخفضٌ مخروطيُّ الشكل يملؤه فى حالة الحفريات الكاملة مخروط آخر مجوفٌ يمتد من جانب من جداره تركيبٌ جيرى يشبه فى شكله لبَّاسةَ الحذاء ، أو عظمة حيوان السُّبَّيط التى نألف وُجودَها على الشواطىء ، شكل (١٣ ــ أ ، بْ) • وقد دلَّت الدراسات الدقيقة ومقارنة هذه العظمة بعظمة السبيط أن البلمنيت والسبيط والأخطبوط كلَّها تنضمُّ تحت لواء رتبة واحدة من الرأسقدميات هى ثنائية الخياشيم •

(٧) قبيلة مفصليَّات الأقدام :

هذه هى القبيلة التى تضم الحيوانات اللافقارية ذات الجسم المكوَّن من عُقَل متتابعة والذى ينقسم أساساً الى ثلاثة أجزاء رئيسية هى : الرأسُ والصدر والبطن أو الذَّنَبُ ، كما أن لها ــ وخاصة فى منطقة الصدر ــ أطرافاً مفصليةً فى هيئة أقدام • والجسم مُغطَّى بغطاء من الكيتين الذى قد يكون فى بعض الأحوال مُشَرباً بمادة الجير • وأشهر الأشكال التى تتبع هذه القبيلة هى الحشرات والعناكبُ والجمبرى وما يشابهها • وتنقسم القبيلة الى خمس طوائف هى :



(شكل ١٣)

أ ــ تصور للمنظر العام لحيوان البلمنيت . ب ــ صدفة البلمنيت وقطاع عرض .
جـ ــ الأجزاء المختلفة فى جسم التريلوبيت .

(١) القشْريات : وهى حيوانات مائية ، ومنها الجمبرى والسَّرطان البحرى وحيوانات بائدة أخرى .

(٢) المخليات .

(٣) عديدةُ الأرْجُلِ : ومنها ذاتُ المائةِ رِجْلٍ وغيرها .

(٤) الحشرات .

(٥) العَنْكَبِيَّات : وهى حيوانات ، أرضيــة وتشمل العناكب والعقارب ، وكان منها قسم مائى منقرض يُسَمَّى العقارب البحرية .

والطائفتان اللتان لهما أهميةٌ كبيرة من الناحية الجيولوجيــة همـا القشريات والعنكبيات ، وذلك لأنه يتبعُ كلا منهمـا رُتبةٌ من الحيوانات البائدة التى انقرضت منذ زمن طويلٍ وتُمَيِّز الصخور القديمـة . وهاتان الرتبتان هما :

(١) التريلوبيتات أو ثُلاثية الفصوص (Trilobita)

(٢) اليوربتيريدات أو العقارب البحرية (Europterida)

رتبــة التريلوبيتــات

(ثلاثيــة الفصوص)

هذه مجموعة من القشريات البائدة التى عاشت فى أقدم عصور الحياة . وكما يدل وسمها فالجسم مقسم فيها الى ثلاثةِ أقســامٍ عرضاً وطُولاً ، شكل (١٤) ، والتقسيم العرضى هو الرأس والصدر والذنَبُ ، ويتكون كل منها من عُقَلٍ متتالية ، وفى نفس الوقت تنقسم هذه العُقَلُ طوليــاً الى ثلاثةِ أقسام ، فَيبدُو الجسم وكأنه منقسم طوليــاً الى قسمٍ وَسَطِىّ ومنطقتان جانبيتان ، والشكل (١٣ — ج) يمثل جنساً نموذجياً من ثلاثيات الفصوص ، ويُلاحظُ فيـه وجودُ الأعين المُركَّبةِ فى الرأس وَوُجودُ شَوكَتَيْن طويلتين فى الزاويتين الخلفيتين للرأسِ ، وكذلك شــوكةٌ تمتدُ من الذنب الى الخلف .



شكل (١٤)

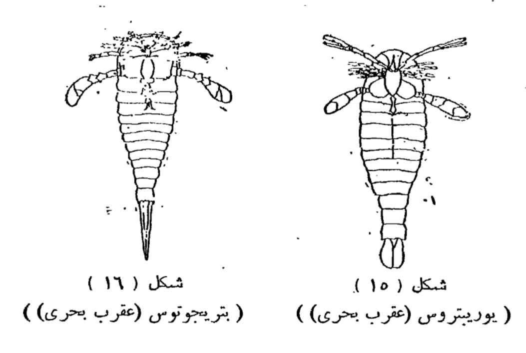
((حفريات التريلوبيت (ثلاثية الفصوص)))

رتبــة البوريبتريدات

(العقــارب البحــرية)

وهى أنواع بائدة من العنكبيات تشبه فى شكلهـا العام العقارب ولكنها كانت حيوانات بحرية . وتمتاز هذه الحيوانات بأن العقل الأمامية من الجسم منضغمة فى بعضهـا البعض ومكونة جزءاً واحـداً يسمى الرأس الصدرى ، وهو يمثل الرأس والصدر فى بقية مفصليات الأقــدام ، ويغطى بقشرة سميكة تسمى الدرقة . وهذه المنطقـة أو الرأس الصدرى يحمل عادة ستة أزواج من الزوائد العقلية منها زوج واحـد فقـط أمام الفم وأحـد أزواج الزوائد التى خلف الفـم يكـون عادة كبيراً بشكل ملحـوظ ، وعقـله الطرفيـة متضخمـة . ويسمى باقى الجسم بالجذع ، ويتكون عادة من عشر عقل أو أكثر . وتحمل

العقلةُ الأخيرةُ شـوكةً طويلةً قوية أو زوجاً من الزوائد الصفحيـة الشكل ، شكلى (١٥ ، ١٦) •



شكل (١٥)
(يوريبتروس (عقرب بحرى))

شكل (١٦)
(بتريجوتوس (عقرب بحرى))

٨ ـ قبيلة الحبليات

هذه هى الحيوانات ذات الحبـل الظهرى الممتد من قمة الرأس الى طرف الذيل ، وهو محاطٌ فى كل أفراد هذه القبيلة فيما عدا بعض الأنواع الدَّنيئة جداً بأنبوبة عظيمة مكونة من فقراتٌ الواحـدة تلو الأخـرى ، وهذه الأنبوبةِ الفقارية هى التى تسمى العامودُ الفَقَّرِى أو العـامود الظَّهْرِى •

ويُكَوِّن الجزء الأكبر من أفراد هـذه القبيلةِ من ذوى العامود الفقرى طائفةَ الفقاريات •

وتنقسم هذه الطائفة الى أربع طُوَيْئِفَات هى :

(١) الأسماك •

(٢) البرمائيات (القوازب) •

(٣) الزواحف .

(٤) الثدييات (اللبونات) .

والأسماك : وُجِدت حفرياتها منذ أقدم العصور الجيولوجية ، ولكن الأصناف البدائية منها كانت من الأسماك ذات الدرقة الخارجية المكونة من ألواح عظمية . وتسمى هذه الأسماك البدائية بالأسماك المدرّعة ، وأصنافها الأكثر بدائية لم يكن لها فكوك عظمية بعد . ثم اختفت هذه الأسماك وتطورت عنها الأسماك الحديثة ذات الزعانف الحقيقية والقشور .

أما البرمائيات (القوارب) : فهى الفقاريات التى تراوح حياتها بين الماء والبر ، ولذلك فهى تسمى أحياناً بالمتراوحة أو البرمائيات . ومن أمثلتها النموذجية فى العصر الحديث الضفادع والسمندر ، ولكنها كانت أكبر شأناً فى العصور الجيولوجية القديمة ، وقد بلغت أصناف كثيرة منها فى أوج عصورها أحجاماً كبيرة جداً وصلت الى مترين أو ثلاثة فى الطول .

والزواحف : هى أولى الحيوانات الفقارية التى كيّفت أجسامها وأجهزتها الحيوية للمعيشة الدائمة على البر ، وجلدها مغطى بالحراشيف ، ومن أمثلتها النموذجية الحيّة الآن السحالى والتماسيح . وهى الآن أقل انتشاراً بكثير منها فى الماضى ، وقد كان لها شأن كبير جداً فى العصور الجيولوجية الوسطى حتى سميت هذه العصور بعهد الزواحف الكبرى . وفى هذه العصور بلغت مجموعة منها تسمى بالدينوصورات Dinosaurs أحجاما خيالية ، فوصل طول بعضها الى الثلاثين متراً ووزنه الى الخمسين طناً ، بينما تُعرَفُ بعض حفريات لآثار أقدام صنف مجهول منها بلغ طول قدمه ١٥٠ سنتمتراً . والزواحف فى العصور الجيولوجية الوسطى لم تتميز فقط بهذه الأحجام الكبيرة ولكنها تمتاز كذلك بالتكيّف لكل

بيئات المعيشة أيضاً ، فقد كان منها ما يَسْكُن المستنقعات والصحارى ، ومنها ما يعيش فى البحر مثل ما تعيش الأسماك والحيتان الآن ، ومنها ما كان يطير فى الهواء مثل ما تطير الخفافيش . ولكن هذه الزواحف الكبرى انقرضت كلها مع نهاية حقب الحياة الوسطى ولم تبق الا الأصناف التى نعرفها الآن .

والثدييات : لم تظهر حفرياتها الا بعد اختفاء تلك الزواحف وانقضاء عهدها ، وهى حيوانات معروفة تمتاز بأنها تَلِدُ وتُرْضِعُ صغارَها ، وقد تطورت هى الأخرى تطوراً كبيراً وتكيفت لكل البيئات وحلَّت محل الزواحف فيها ، وبلغت عصرها الذهبى فى عصور الحياة الحديثة ، ومنها الانسان والقِرَدَة وهذان يُكَوِّنان قسماً هاماً من الثدييات يسمى الرئيسيات ، والتى لها الشأن الأعظم الآن بين جميع الكائنات .

وسنعرض وصفاً وتوضيحاً أكثر تفصيلا لبعض الأجناس الهامة من كل هذه الأقسام من الفقاريات عندما نتناول الخصائص الحفرية للحُقُب والعصور .

المملكة النباتية

تنقسم المملكة النباتية الى الأقسام الرئيسية الآتية :

(١) الطحالب : وتشمل الأعشاب البحرية وهى نباتات بُدَائية ليس لها جذور أو سوق أو أوراق . وبعضها يفرز هياكل من كربونات الكلسيوم .

(٢) السرخسيات : هذه نباتات لازهرية ولها جذورٌ وسوقٌ وأوراقٌ كبيرة . ويتم التكاثر فيها بواسطة الجرَاثيم .

(٣) عاريات البذور : نباتات خشبية ذات حلقات سنوية وليس لها أغطية واقية للبذور ، وتشمل المَخْرُوطيَّات والسَّيْكاديَّات .

(٤) كاسيات البذور : وهذه هى النباتات السائدة الآن والتى بهـا غطاءات واقية للبذور ، ومنها الحشائش والكافور والسنديان ومعظم النباتات المزهرة .

وسنذكر فيما بعد أسماء بعض الأجناس المشهورة التى تتبع هـذه الأقسام فى أماكن وجودها فى الحقب والعصور المتعاقبة .

الاستفادة من التغيرات التى طرأت على الحيـاة
فى عمل السلم التاريخى الجيولوجى

ذكرنا فى مُقدمة هذا الباب أن الجيولوجيا التاريخيـة أو الطباقيـة تختص بدراسة التطور العضوى (الأحيائى) والتطور غير العضوى (البيئى والجغرافى) اللذين حدثا فى الكرة الأرضية من وقت نشأتها حتى وقتنا هذا عَبْر ملايين السنين .

والواقع أنَّ التطورَ الأحيائى مرتبطٌ تمامَ الارتباطِ بالتطور الطبيعى وذلك للأسباب الآتية :

أولا : لأنه لولا التغير فى ظروف البيئة الطبيعية التى يعيش فيها الكائن الحى لمَا كان هناك ما يستدعى تغيره وتطوره ليلائم البيئة الجديدة .

ثانياً : لأنّه لَوْلاَ التطور الاحيائى فى أشكال الأحياء وتركيبهـا وتنويعهـا بمرور الزمن لمَا سهل وضع تاريخ (سلم زمنى) يُؤَرَّخُ به التسلسل فى الطور البيئى والجغرافى ، وذلك لأنه من المعروف أن كلَّ علمٍ تاريخى يحتاج الى تاريخ أو سلم زمنى حتى يمكن تحـديد أوقات حدوث الحوادث التى يدرسها المؤرخ .

فاذا جازَ للشخصِ العادِى أنْ يقول : « وقعَ الحادث منذ مدة من الزمن » فلا يجوز ذلك للشخصِ المُدقِّقِ لأن هـذا الأخير يقول : « وقع الحادث منذ خمسين عاماً » ، أما اذا كان أكثر تدقيقاً قال : « حصل

ذلك عام ١٩١٠ ميلادية » . أما العالم المدقق الذى يدرس حوادث التاريخ أى العالم التاريخى فيقول : « وقع الحادث المذكور فى اليوم الخامس من شهر يونية عام ١٩١٠ ميلادية » ، واذ مكنته المستندات التى بين يَدَيْهِ ذكر الساعة بل الدقيقة فى ذلك اليوم .

أى أنَّ العالِمِ فى التاريخ قد استعان استعانةً كاملة بذلك السلم أو التاريخ الزمنى الذى يستعمله الانسان فى شئونه . ذلك التاريخ الذى بدأه من يوم هجرة النبى (صلى الله عليه وسلم) فى التاريخ الهجرى ، أو من مولد سيدنا عيسى عليه السلام فى التاريخ الميلادى ، ثم قَسَّمه الى أعوام تبعاً لدورة الأرض حول الشمس ، وقسم الأعوام الى أيام تبعاً لدورة الأرض حول نفسها ، ثم بعد ذلك قَسَّم اليوم الى أربع وعشرين ساعة عندما اخترع أول ساعة زمنية (المزولة الشمسية ثم الساعة) .

ومن هذا نَرَى أنَّ الانسان لكى يضع التاريخ أو السلم الزمنى الذى لاغنى عنه فى حياته اتبع النهج الآتى :

أولا : اتَّخذ حادثاً هاماً ليبدأ به التاريخ صاعداً وهابطاً ، فهو يقول عام كذا قبل الميلاد وعام كذا بعد الميلاد .

ثانياً : استعان بمشاهدات أمكنه ملاحظتها لتقسيم الفترة الزمنية التى حدد بدءها الحدث الهام الى أجزاء .

ثالثاً : هذه التَّغيُّرات ما هى الآ تغيرات فى شىء ما ، مثل تغير موقع الأرض كلها بالنسبة للشمس ، أو تَغَير موقع الشمس بالنسبة الى مكان ما على سطح الأرض ، فالتغير الأول يُحدد العام ، والتغير الثانى يُحدد اليوم .

رابعاً : أنّه كلما ازدادت قدرة الانسان على التمييز بين الفترات الزمنية ، وقدرته فى تعيينها بازدياد مقدرته الفنية على ملاحظة تغيرات دقيقة فى شىء ما ، أصبحت أقسام السلم الزمنى الذى يستعمله أصغر فأصغر .

ولتفسير هذه النقطة الأخيرة نذكر أنّه قبل صنع الآلة الزمنية المعروفة الآن (أى الساعة) كان الناس يقسمون النهـــار الى وقت الشروق ووقت الظهر ووقت الغروب • ثم اخترع الانسان المزولة ، فقسم النهار الى ثمانية أجزاء ، ثم اخترع أوّل ســاعة ، فقسم اليوم الى أربع وعشرين ســاعة ، وبازدياد دقته فى صنع الساعات واختراعه لعقرب الدقائق قسم الســاعة الى دقائق ثم الى ثوان • وبازدياد القدرة الفنية للانسان وتَمكُّنه من اختراع الآلات الاليكترونية أمكنه أن يقسم الثانية الى ألف جزء أو أكثر •

أى أنه كلما ازدادت قدرته على تسجيل تَغَيُّرات فى شىء ما (تغير موقع عقارب الســاعة ، ثم تغير فى ذبذبات الاليكترونات) زادت قدرته على تقسيم السلم الزمنى الذى يستعمله الى أجزاء أصغر فأصغر •

وهكذا كان الحال فى وضع السلم الزمنى أو التاريخ الجيولوجى ، فقد كان فى الواقع قصةً ممتعةً بدأ من مشاهدتين أساسيتين ذكرناهما آنفا ، بل فى الواقع كانت ثلاث مشاهدات :

المشاهدة الأولى : هى قانون تعاقب الطبقات الذى وضعه وليم سميث ، وقد ذكرنا شيئاً عنه فى أول هذا الباب •

المشاهدة الثانية : هى تمييز الطبقات من محتوياتها الحفرية وقد ذكرنا ذلك آنفاً •

أما المشاهدة الثالثة : فقد لاحظها الجيولوجيون بعد ذلك بعدة أعوام ، وهى أنه : « دلت الدراسات فى أنحاء كثيرة من العالم أنّ هناك طبقـات لم يوجد بها حتى الآن أى أثر أو بقايا للأحياء ، وأنّها تقع أسفل جميع الطبقات الأخرى التى بها حفريات » •

وقد استنتجنا من هذه المشاهدة الأخيرة أنّ هذه الطبقات التى لم يوجَد بها بقايا أحياء ترسبت قبل نشوء الحياة على الأرض (أو على الأقل قبل أن

تتمكن الأحيـاء من بناء هيكل غير عضـوى يمكن أن يحفظ فى الرواسب فى هيئة حفريات) .

وقد استعان الجيولوجيون بهذه المشـاهدة الأخيرة لتكون أساسـاً يبنى عليـه السلم الزمنى . فالحـدث الهام الذى بدأ الجيولوجى به تاريخه هو :

أول ظهور أنواع للحياة على الأرض تركت بقايا حفرية :

وقسم الزمن الجيولوجى الى جزءين كبيرين الأول سماه « ماقبل ظهور الحياة » والثانى سماه « مابعد ظهور الحياة » .

ولما كانت أقدم الصخور التى ظهرت فيها بقايا الأحيـاء قد درست لأول مرة فى منطقة تسمى كمبريا فى بريطانيـا وسمى عصرها باسم الكمبرى ، فقد سميت تلك الحقبة من تاريخ العالم التى لم تظهر فيها الحياة « قبل الكمبرى » .

وقد استعان بالمشاهدة الثانية (كما سنرى فيما بعد) على تقسيم ذلك الجزء من تاريخ الكرة الأرضية التالى لظهور الحيـاة ، أما ذلك الجزء من تاريخ الكرة الأرضية السابق لظهور الحياة ، فقد كان من الصعب تقسيمه ، وما زالت الآراء متضاربة فى هذه الناحيـة ، ولم تتمكن حتى الآن من وضع تاريخ له ينطبق على الكرة الأرضية كلها .

وقد يتساءل البعض لماذا لم يستعمل الجيولوجيون التاريخ العـادى الهجرى أو الميلادى فى الجيولوجيا التاريخية .

الواقع أن ذلك كان ممكناً لو أن الأزمان الجيولوجية تقاس بآلاف السنين أو حتى مئات الآلاف من السنين ، ولكن لو علم السائل أن ذلك الجزء من تاريخ الأرض الذى تلى ظهور الحيـاة قد قدر بحوالى ٥٠٠

مليون عام ، وأنه قد مضى حوالى ٢٠٠٠ مليون (ألفي مليون) عام منذ تصلب قشرة الكرة الأرضية لما كان تساؤله السابق ، بل لكان سؤاله :

كيف أمكن تقدير عُمْر الأرض ؟

كيف أمكن قياس هذه الفترة الطويلة الهائلة من الزمن ؟

ولكى نجيب على هذا السؤال نقول انه قد استعملت قديماً عدة طرق لعمل تقدير تقريبى لعُمْر الأرض ، مثل طريقة تقدير سمك الطبقات التى ترسبت على سطح الأرض ، وطريقة تقدير الأملاح الذائبة فى البحار ، ولكن قد استُخدمت أخيراً طريقة دقيقة جداً لتقدير عمر الأرض ، وذلك بالاستعانة بخاصية الاشْعَاعِ الذَّرِّى وتُسَمَّى طريقة اليُورانيوم لتقدير عمر الأرض .

(١) طريقة قياس سُمْك الطبقات : تعتمد هذه الطريقة على اضافة أكبر سمك للطبقات المختلفة المتتابعة فى كل عصر من العصور الجيولوجية الى بعضها ، ويكُون المجموع هو السُمك الكلى لجميع الطبقات الرسوبية فى الزمن الجيولوجى كله . فاذا قُسِمَ هـذا السُمك الكلى على مُعَدَّلِ سرعة الترسيب فى العام الواحد فى الوقت الحاضر فان العدد النـاتج من القسمة يمكن أنْ يُنْظَرَ اليه كطول الزمن الجيولوجى بالسنين .

ولكن هنـاك من الاعتبـارات العديدة ما يجعل مثل هـذا الحساب لا معنى له . كيف نصـل الى حساب متوسط سرعـة الترسيب للطبقات المختلفـة فى السنة ونحن نعلم أنَّ ترسيب طبقة من الطباشير سُمْكها أقل من عشرين ميللمترا يستغرق قرنا من الزمان ، بينما عاصفة صحراوية عاتية قد تُرَسِّب عشرة أمتار من الحصى والرمل فى ليلة واحـدة ؟ وكيف نقيس الزمن الذى يستغرق فى حَتِّ الرواسب البحرية وعدم ترسيبها ، عنـدما نعرف أنَّ زوبعة بحرية واحـدة قد تزيل من قاع البحر ما تراكم عليه فى سنين عـدة

وربمـا كومت رمالا على شـاطىء قريب أكثر مما ترسّب فى عشرات السنين المـاضية ؟

وبالاختصار انّ سرعة الترسيب تختلف كثيرا ، وما قيس منهـا قليل ، حتى أن الحصول على متوسط لسرعة الترسيب فى السنة الواحدة يعتبر شيئا من قبيل التخمين .

(٢) طريقة قياس المُلوحة وتقدير عمر المحيط : فكر أحـد علماء الجيولوجيا القدامى (العالم الايرلندى جُولى) تفكيرا رزينا للوصول الى معرفـة شىء عن عمـر الأرض . قال ان الملـح (كلوريد الصـوديوم) فى البحار لا بد أن يكون قد انتقل اليها عن طريق الأنهار ، التى حصلت عليه مع نواتج تحلل الصخور . ولقد تجمع معظم الملح فى البحار ، اذ أن قليـلا منه قد حملته الرياح أو تراكم بالتبخير فى البحيرات الصغيرة الموجودة فى المناطق الصحراوية أو فى البحيرات الشاطئية المتصلة بالبحر . وعلى ذلك فلا بد أن مُلوحة المحيطات فى ازدياد مُستمر . فاذا قيست كمية الملح الموجودة حاليـاً بالمحيطات وقُسمت على الزيادة السنوية فى الملوحـة فانه يمكن حساب عمر المحيطـات . وقـد أختير الصـوديوم من بين العنـاصر الأخرى المكونة للأملاح لحساب هـذا العمر بهذه الطريقـة (معظم أملاح الصوديوم قابلةٌ للذوبان فى المـاء) .

ولقد حُسب حجم البحـار والمحيطات حساباً تقريبـاً من المعلومات المعروفة عن عُمقها ومساحتهـا ، كما حُسب تركيبهـا الكيميائى من نتائج التحاليل الكيميائية التى عُملت لآلاف العينات من مياهها ، وعلى ذلك يُمكن على وجه التقريب حساب كمية الصـوديوم التى تحتويها مياه هـذه البحـار والمحيطات . وبالمثل فان لدينا آلاف التحاليل لميـاه الأنهـار ، ومن مقاييس تصرّف الأنهـار عُرفت كميةُ الميـاه التى تتصرف سـنوياً . ومن هذه الأرقام حصل العـالم جولى على تقـدير تقريبى لمعـدل الزيادة السنوية

فى الصـوديوم ، وبقسمة الكمية الأولى على الكمية الثانيـة وجد جُولى أنّ عُمر المحيطات يساوى :

١٥٦٢٧ × ١٠^١٢ طن من الصوديوم فى المحيـط
―――――――――――――――――――――――― = ٩٩٫٤ مليون سنة .
١٥٧٢٧ × ١٠^٤ طن من الصوديوم تضاف سنوياً

وكان جُولى على علم بأن طريقة حسابه هـذه لم تأخـذ فى الحُسْبان اعتبارات كثيرة وعوامـل مختلفـة . فمثـلا يحتمـل أنْ يكونَ تَصَرُّفُ الأنهار غير ثابت على مَرّ الزمن الجيولوجى . كذلك ليس جميع الصوديوم فى الأنهار مصدره التحلل ، فبعضـه منقول بالرياح من شـواطىء البحار ، وكثير غيره نشأ عن ملح سبق أنْ ترَسَّب من البحار القديمة ضمن الصخور التى تمر بها هذه الأنهار ، وعلى ذلك فان معدل الزيادة السنوية للصوديوم فى الوقت الحاضر أكبر بكثير مما حدث فى الزمن الجيولوجى القديم . كم مرة أكبر ؟ لا يمكن المعرفـة أو التأكد ، ولـكن عنـد أخـذ جميع العوامل والاعتبارات المختلفـة يمكن الوصـول الى أن عمر المحيطات أضعاف أضعاف الرقم الذى وصل اليه جولى .

(٣) طريقـة اليورانيوم ، (أو الساعة الذرية) : ان اكتشاف النشاط الاشـعاعى فى عام ١٨٩٨ فتح آفاقا واسـعة فى كل علم من العـلوم . ومن نتائج هذا الاكتشاف بالنسبة لعلم الجيولوجيا تعيين بعض الأعمار الجيولوجية بوحدات ملايين السنين . تتفتت (أو تتحلل اشـعاعياً) نواة ذرات عنـاصر قليلة — ومن بينهـا اليورانيوم والثوريوم — تلقائيـاً لتنتج عنـاصر أخرى . فنواة ذرات هـذه العناصر قلقـة غير مُستَقِرة وتطلق جسمات ألفـا وبيتـا واشعاعات جاما . وكل انطلاق نَوَوِى — سواء أكان جسيم ألفـا أو بيتا — يحول الذرة الى عنصر آخر . فاذا بدأنا باليورانيوم ٢٣٨ فهناك ١٥ درجـة أو مرحلة فى هذه العملية الطبيعيـة تنطلق خلالهـا ثمانى جُسَيْمات ألفـا وسبع جسيمات بيتـا وينتـج فى آخر مرحلة منهـا عنصر الرصاص المستقر (الرصاص ٢٠) الذى لا يتفتت بعد ذلك .

وتختلف سرعة التفتت الذاتى اختلافاً كبيراً باختلاف العناصر ، ويُعَبَّر عن هـذه السرعة بما يُسمَّى نصف عمر العنصر ، وهـو الزمن الذى يلزم لتفتت نصف عدد ذرات العنصر . فنصف عمر بعض أفراد عائلة اليورانيوم ٢٣٨ بضع ثوان فقط ، أما بالنسبة لليورانيوم ٢٣٨ نفسه فهو ملايين السنين ، وقدرت مدة نصف عمر سلسلة مراحل من اليورانيوم ٢٣٨ الى الرصاص ٢٠٦ — بالزمن ٧٦٠٠ مليون سنة ، وبعبارة أخرى ، اذا نحن بدأنا بجرام واحد من اليورانيوم ٢٣٨ ، فبعد ٧٦٠٠ مليون سنة يتبقى نصف جرام فقط ، وبعد ٧٦٠٠ مليون سنة أخرى يتبقى ربع جرام فقط (نصف النصف) وهكذا ، وقد تحول النصف الآخر (أو الثلاثة أرباع) الى رصاص وأيونات الهيليوم والبكترونات وكميات صغيرة جداً من عناصر تتوسط المتسلسلة التفتتية. ولا يتغير معدل التفتت الذاتى بالحرارة أو الضغط أو نوع المركبات الكيميائية التى توجد عليها هـذه العناصر . وعلى ذلك فيُعتبر نصف عمر المشع رقماً ثابتاً ، أى خاصية أساسية للعنصر . وتحتوى بعض المعادن ، النادرة نسبياً ، على كميات لا بأس بها من اليورانيوم ، ويوجد بعضها فى الصخور النارية ، وقـد انفصلت عن المَجْمَا (المـادة المصهـورة) أثنـاء المراحل الأخيرة من تجمدها . وبتحليل مثل هـذه المعادن وايجـاد النسبة بين اليورانيوم الموجود والرصاص الناتج من انشطار اليورانيوم ، فانه يمكن الوصـول الى معرفـة العمر ، وبالتالى الزمن بالسنين الذى مَرَّ منذ تجمد المجما التى تبلورت منها هذه المعادن ، وقد قدِّرت أعمار عدة صخور من حقب قبل الكمبرى من عدة مناطق ووجد أن عمر أقـدم صـخر معروف حتى الآن (باسـتعمال هـذه الطريقة) هو ١٨٥٠ مليون سنة . أى أننا لا نكون مخطئين كثيراً لو قلنا ان الأرض تكونت لها قشرة صلبة منذ حوالى ألفى مليون سنة ، وانها أصبحت جسما مستقلا منذ حوالى ثلاثة آلاف أو أربعة آلاف مليون سنة .

والآن فلنَعُد الى نقطة البدء ، وهى :

كيف عُمِلَ السلم التـاريخى الجيولوجى ؟ وكيف اسـتفدنا من التغيرات التى طرأت على أنواع الحياة (أى من التطور الأحيائى) فى عمل السلم ؟ فنقول :

دلت المشاهدات فى مختلف أنحاء الأرض على أن أحدث الطبقات (أى الطبقات العليا) تحتوى على أنواع من الحفريات لا تختلف الا قليلا عن أنواع الأحياء التى تسكن الأرض والبحار الآن ، وأنه كلما تعمقنا الى طبقات أقدم فأقدم وجدناها تحتوى أقل فأقل من هذه الأنواع الحية مع ازدياد فى أعداد أنواع أخرى قد انقرضت (غير موجودة الآن بالمرة) ، ثم تختفى هذه الأنواع المنقرضة الآن فى الطبقات الأكثر قدماً وتأخذ مكانها أنواع بائدة أخرى أبسط منها وأقل تعقيداً وهلم جرا ، أى أن هناك تغير متابع فى أنواع الأحياء التى كانت تعيش فى الأزمان الجيولوجية المختلفة .

والآن لنعط مثلا نقرب به الى الفهم هذا التتابع فى أجناس وأنواع الأحياء التى كانت تعيش فى الأزمنة الجيولوجية المتعاقبة ، وليكن هذا المثل من الفقاريات ، اذ أنها أكثر الحيوانات المألوفة لدينا .

الفقاريات ومساهمتها فى انشاء السلم الزمنى الجيولوجى

من المعلوم أن الحيوانات الفقارية تنقسم الى خمس رتب هى : الأسماك ، البرمائيات ، الزواحف ، الطيور ، ثم الثدييات (أو اللبونات) . ومن المعلوم أيضاً أن ترتيب رقيها وتخصصها هو نفس هذا الترتيب ، أى أن أكثرها بدائية هى الأسماك وأكثرها رقياً الثدييات .

والواقع أن الفقاريات ظهرت فى الأزمنة الجيولوجية بنفس هذا الترتيب ، اذ ظهرت الأسماك أولا فى أقدم الطبقات (أى أسفلها) ، ثم ظهرت بعدها البرمائيات فى طبقات أعلى منها (أى أحدث) ، ثم تلتها الزواحف ، ثم الطيور ، وفى آخر الأمر ظهرت الثدييات .

ففى أحدث الطبقات (أى أعلاها تبعاً لقانون تعاقب الطبقات) نجد بقايا أنواع كثيرة من الثدييات ومعها قليل من بقايا الرتب الأخرى . ثم اذا بحثنا فى طبقات تحت هذه (أى أقدم منها) نجد أن الثدييات قليلة جداً

وأحجامها صغيرة (فى حجم الفأر تقريباً ، ولكننا نجد فيها بقايا كثيرة من هياكل الزواحف وكثير منها ضخم الحجم (قد يصل طول بعضها الى ثلاثين أو أربعين متراً) • ثم اذا بحثنا فى طبقات أكثر قدماً من هذه وجدنا أن بقايا الزواحف قد قلت جداً وأن أحجامها قد صغرت جداً وحل محلها بقايا البرمائيات كبيرة الحجم (منها ما يبلغ ثلاثة أمتار طولا) • ثم اذا استمر البحث فى طبقات أسفل هذه فاننا لن نجد الا بقايا أسماك تشبه عموماً الأسماك الغضروفية التى نعرفها الآن ، ولو أنها تمتاز عنها بصفات خاصة • ثم بعد ذلك نجد فى أقدم طبقات عثر فيها على بقايا فقاريات بقايا أسماك تختلف تمام الاختلاف عن الأسماك التى نعرفها الآن • فأجسامها محاطة بدرع خارجى من الألواح العظمية ، وليس لها عظام داخلية ، ولذلك سميت الأسماك المُدَرَّعة الجلد Ostracoderms ، بل أن أقدم أسماك من هذا النوع لم يكن لها فك لمضغ الطعام بل كان لها مصاصات تبتلع بها ضحاياها من الحيوانات اللافقارية التى كانت موجودة آنذاك ، شكل (١٧) •





(ب) (أ)

شكل (١٧)
(الأسماك المدرعة)

أ : سفالاسبيس (سمكة مدرعة لا فكية)
ب : بتريكثيس (سمكة مدرعة فكية) .

ومن هذا يتبين أنه يمكننا أن نقسم الزمن الجيولوجى الى عدة أقسام يمتاز كل منها بتفوق فصيلة من الفقاريات على الفصائل الأخرى ، كالآتى :

زمن الثدييات (الأحدث)
زمن الزواحف
زمن البرمائيات
زمن الأسماك المدرعة (الأقدم)

وقد يتبين هذا التقسيم بوضوح أكثر لو وضعناه فى هيئة رسم يبين توزيع قبائل الفقاريات فى الأزمنة الجيولوجية المختلفة ، شكل (١٨) .

تسلسل الفقاريات فى الأزمنة الجيولوجية

شكل (١٨)

تقسيم أكثر دقة : الاستعانة بعائلة الحصان :

من الواضح أن هذا التقسيم للزمن الجيولوجى تقسيم بدائى ، اذ أننا قسّمنا فترة يبلغ مداها خمسمائة مليون عام الى أربعة أقسام فقط ، كما هو مبين فى شكل (١٨) . ولا شك أن سلماً زمنياً مثـل هـذا لا يفى بالغرض المطلوب ولا يمكن الاكتفاء به ، لأننـا اذا اكتفينا به فكأننا نقف عنـد تقسيم التاريخ الميـلادى على « العَصْر المُظْلِم » ثم « عصر النهضـة » ثم « العصر الحديث » ، فلهـذا يجب أن نقسم كلا من هـذه الأزمنة الى أقسام أصـغر فأصغر لنـرَ كيف فعلنا ذلك بالاسـتعانة بالحفريات أيضاً ، أى باسـتعمال الطريقة الاحيائيـة ، ولنـأخذ مثـلا لذلك من تقسيم زمن سـيطرة الثدييات الى عصـور :

الاستعانة بتَطَوُّرِ الحصان : سمى الزمن الذى سيطرت فيه الثدييات بالحقب الثالث (سـنرى السبب فيما بعـد) ومن الثـدييات التى ظهرت فى الحقب الثالث هذا عائلة الحصان .

وقـد تطورت عائلة الحصان تطوراً سريعاً فى هذه الفترة من الزمن الجيولوجى التى تقدر بحوالى سبعين مليون من الأعـوام ، وتطور أسـلاف الحصـان من حيـوانات صـغيرة فى حجـم الثعلب الى حجم الحصـان الذى نعرفـه الآن .

وقد اتبع تطور عائلة الحصان الخطوات الآتية ، شكل (١٩) :

(١) ازدياد فى الحجم من حجمِ الثَّعْلب الى حجم الحصان .

(٢) استطَالة الأطراف عن طريق ازدياد طول الأصبع الأوسط .

(٣) اختفاء الأصابع الجانبية شيئاً فشيئاً .

(٤) تحول الضروس من منخفضة مُحَبَّبَةَ (ضروس تسمى آكلة كل شىء) الى ضروس عالية ذات تاجٍ منبسط ومُعَقدة بانثناءات فى مينائهـا (أى تلك الأسنان التى تمتاز بها الحيوانات آكلة الحشائش) .

(٥) رَافَقَ هذه التغيرات تغير فى شكل الجمجمة .

الجمجمة	القدم الأمامي	الضرس
		البليوسين
		الميوسين
		الأوليجوسين
		الأيوسين

شكل (١٩)
(تطور الزمن فى الحصان الجيولوجى)

وهـذا التطـور فى الحصـان ، والذى يمـكن الاسـتفادة بخطـواته فى تقسيم الزمن الجيولوجى الذى يمثله حقب الحياة الثالث حصل فى الواقع نتيجة لتغير فى البيئة الاحيـائية والطبيعية التى كانت تحيط به • فالازدياد فى طول أطراف الحصان ووقوفـه على أصـابعه بدلا من الوقوف على أكفه كان بمثابة الدفاع عن النفس ، اذ أنّ الحصان اضـطر الى ازدياد سرعـة جريه

حتى يهرب من تلك الثدييات الضارية السريعة التى تطورت فى نفس الوقت مع تطور الحصان .

أما الإستطالة في الأسنان وتعقدها وتداخل الميناء الصلبة والتواؤها ، فقد كان نتيجة لتطور الحشائش الصلبة التى كان يعيش عليها فى السهول المنبسطة ، وذلك لأن هذه الحشائش الخشنة — لاحتوائها على نسبة من السليكا الصلبة — تَبْري الأسنان ، فلا بد من أن تستطيل لتكفيه طول حياته ، وكذلك يجب أن تقوى بازدياد مساحة الميناء الصلبة .

وهكذا قد استفدنا من هذه التغيرات فى عائلة الحصان للمساهمة فى تقسيم الحقب الثالث الى عصور . ويلاحظ أننا قلنا المساهمة ولم نقل الاكتفاء بتطور الحصان فى هذا التقسيم ، اذ أننا فى الواقع استعنا بأنواع أخرى من الأحياء فى عمل هذا التقسيم . وكذلك لا يُظَنّ أنّ الفقاريات وحدها هى التى اسْتُعْمِلت فى عمل السلم الزمنى الجيولوجى . بل بالعكس فان الدور الذى لعبته فى هذا المضمار كان أقلّ من الدور الذى لعبته اللافقاريات ، وذلك لقلة بقايا الفقاريات بالنسبة للحفريات اللافقارية . اذ أن أكثر الفقاريات حيوانات برية ، (اذا استَثْنَيْنَا الأسماك وبعض الأجناس من الفصائل الأخرى التى كَيَّفَتْ أجسامها لتعيش فى الماء) .

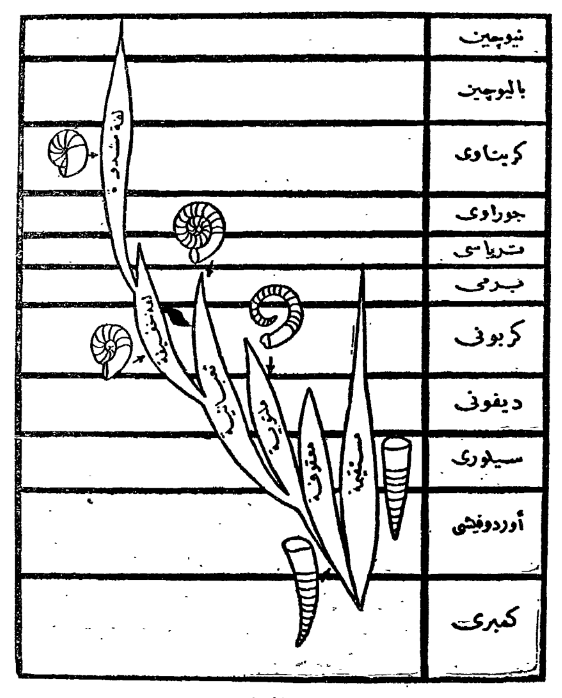
وقد سبق أن علمنا أنه « على اليابسة تكون التعرية هى القاعدة ، وليس الترسيب » ، أي أن فرصة حفظ بقايا الأحياء البرية أقل بكثير منها للأحياء البحرية ، ولذلك فلنعط مثلا آخر من أشهر الأمثلة التى استعين فيها بتطور مجموعة من اللافقاريات للمساهمة فى عمل السلم الزمنى الجيولوجى ، وهذه المجموعة هى طائفة الرأسقدميات ، احدى طوائف الرخويات .

الاستعانة بتطور الرأسقدميات النُّوتية فى بناء السلم الزمنى :

لاحظ علماء الحفريات تغيراً فى شكل الدرز (خط لحام الحاجز) فى الطبقات المتعاقبة ، واستفادوا منه فى عمل السلم الزمنى الجيولوجى ، وهذا التغير فى الواقع ازدياد تدريجى فى تعقيد هذا الخط كما سنرى فيما

بعد ، كما لاحظوا أيضاً أن هناك تغيرات طرأت على شكل الصدفة نفسها أدت الى التفافها تدريجياً حول نفسها •

ففى الطبقات القديمة جداً التى تلت بقليل أقدم طبقات عثر فيها على بقايا مميزة للأحياء يمكن التعرف عليها ، كانت كل الأصداف التى وجدت من هذه الطائفة اما مستقيمة ، أو معقوفة قليلا ، ودروزها بسيطة على شكل خطوط دائرية تحيط بالمخروط ، شكل (٢٠) •



شكل (٢٠)
(تطور الصدفة فى النوتيات)

ثم وجد أنه في الطبقات التي تعلو هذه ظهرت أنواع لها نفس الدُرُوز ، الا أن أصدافها أصبحت أكثر التواء ، بحيث التف المخروط حول نفسه دون تماس أجزائه ، وتسمى هذه صدفة ملتوية ، ثم ظهرت بعد ذلك في طبقات أحدث من تلك أنواع أخرى من الأصداف أكثر التفافاً ، بحيث مست اللفات بعضها البعض مساً خفيفاً (صدفة ثعبانية) ، شكل (٢٠) .
أما الدرز فلم يتغير كثيراً اذ لم يزد التغير فيه على تموجات خفيفة ، وقد سمي هذا الدرز المستقيم أو المتموج تموجات ضعيفة بالدرز النوتي ، وهو يميز رتبة من الرأسقدميات ، أطلق عليها اسم النوتيليات (أو النوتيات) تمتاز بأنه لم يطرأ على دروزها الا تغيرات بسيطة جداً (وبأن الممص فيها يمر في وسط الحاجز) في حين تغيرت الصدفة بسرعة وازداد التفافها حول نفسها ، فبعد أن كانت اللفة الخارجية لا تخفي أي جزء من اللفات السابقة كما في اللفة الثعبانية ، أصبحت ملفوفة لفة خفيفة ، بحيث غطت كل لفة الجزء الخارجي فقط من اللفة السابقة . ثم تطورت آخر الأمر الى صدفة ذات لفة مشدودة ، أي أن اللفة الأخيرة غطت كل اللفات السابقة ، بحيث لا يظهر من الخارج الا اللفة الأخيرة فقط .

الجونياتيات والسيراتيات والأمونيات :

وجد أنه في نفس الوقت تقريباً التي وصلت فيه الصدفة في النوتيات الى طور اللفة المفتوحة ظهرت أنواع تختلف عن النوتيات في نقطتين هامتين :

أولاهما : في وجود الممص في الجزء الخارجي من الصدفة ، وثانيتهما : في أن الدرز تطور بسرعة وأصبح أكثر تعقيداً من الدرز النوتيلي البسيط .
وفي أول مراحل هذا التعقيد في الدرز نجد أنه أصبح متعرجاً تعرجات عميقة به التواءات مستديرة الى الأمام والتواءات ذات زوايا حادة الى الخلف ، ولذلك سميت هذه المجموعة بالجونياتيات (أو ذوات الدروز الزاوية) شكل (٢١) .

ولم تدم الجونياتيـــات طويلاً ، بل انقرضت وحلت محلها مجموعة أخرى اختلف درزها عن سابقتها بأن ظهرت فى الجـزء الخلفى من الدرز

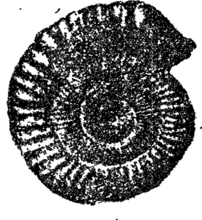
شـــكل (٢١)
(تطور درز الحاجز فى الرأسقدميات)

عدة انثناءات (شرشرة) ، وبقى الجـزء الأمامى مستديراً كما هو . وقد سميت هذه المجموعة بالسِّيراتيـاّت (أى ذوات الدُّرُوز المُشَرْشَرَة) .

وهذه لم تعش طويلا أيضاً ، إذ تطور الدرز بسرعة الى النوع المسمى بالدرز الأمونى الذى أصبح فيه كل من الجزءين الأمامى والخلفى ملتوياً ومعقداً

تعقيداً كبيراً . وقد سميت هذه الطائفة آمونيَّات ، نسبة الى قرن الكبش الذى كان يزين به رأس الاله القديم جوبتر آمون ، اذ أنَّ أصدافها وقد تزينت بضلوع تلف حول المخروط أصبحت تشبه قرن الكبش ، شكل (٢٢) .

وبعد مضى فترة من الزمن الجيولوجى انقرضت هذه الأمونيات أيضاً ، ولم يبق من هذه الطائفة كلها الا رتبة النوتيات التى ما زالت ممثلة الى الآن بجنس واحد فقط هو جنس نوتيلوس الذى سميت المجموعة باسمه .



شكل (٢٢)
(آمونيت)

واذا دَقَّقْنَا النظر فى التَّتَابع الطباقى لحلقات التطور هذه من حيث شكل الصدفة وشكل الدرز نجد أنه يمكننا أن نقسم الزمن الذى عاشت فيه هذه الطائفة من الأحياء الى أجزاء كالآتى :

أولا : جزء أسفل لا توجد فيه الا النوتيات ذوات الأصداف المستقيمة والمعقوفة فقط ، مثل :

أورثوسيراس ، وسيرتوسيراس .

ثانياً : جزء يتلو هذا الى أعلى ، فيه أصداف نوتيات ملتوية وثعبانية بالاضافة الى المستقيمة والمعقوفة .

ثالثاً : جزء يلى هذا الى أعلى توجد فيه جونياتيات مع النوتيات .

رابعاً : يلى هذا الى أعلى جزء لا توجد فيه الجونياتيات ، ولكن توجد فيه السيراتيات مع النوتيات .

خامساً : بعد هذا يأتى جزء لا توجد فيه السيراتيات ، ولكن توجد فيه الأمونيات مع النوتيات •

سادساً : جزء أحدث من هذه كلها لا توجد فيه الا النوتيات الملفوفة لفة مشدودة ، واختفت منه جميع الأجناس الأخرى •

مقارنة بين النتائج التى وُصِلَ اليها عن طريق تطور الفقاريات والرأسقدميات فى انشاء السلم الزمنى الجيولوجى

تبين هذه المقارنة الآتى :

(١) الطبقات (أو الفترة الزمنية) التى لم توجد فيها أية بقايا للفقاريات هى نفسها المثلة بأولا فى توزيع الرأسقدميات الذى سبق توضيحه ، أى لا توجد فيها الا النوتيات البدائية ذوات الأصداف المستقيمة أو المعقوفة •

(٢) الطبقات (أو الفترة الزمنية) المميزة بوجود الأسماك المدرعة هى نفسها تقريبا التى يمثلها ثانيا ، أى يوجد بها أيضاً نوتيات ملتوية وثعبانية

(٣) الفترة الزمنية التي يمثلها تفوق البرمائيات هى الممثلة بثالثاً ورابعاً في تاريخ الرأسقدميات السابق توضيحه ، أى الفترة التى وجدت فيها الجونياتيات والسيراتيات •

(٤) الفترة التى يمثلها تفوق الزواحف هى نفس الفترة التى وجدت فيها الأمونيات (أى خامساً فى تاريخ الرأسقدميات) •

(٥) الفترة الزمنية التى تفوقت فيها الثدييات هى نفس الفترة التى يمثلها سادساً ، أى التى لا يوجد فيها الا النوتيات الملفوفة لفة مشدودة •

ومن هذا يتضح أنه بهذه الطريقة الأحائية (الحفرية) أمكننا تقسيم الزمن الجيولوجى الى أقسام • وهذه الأقسام كمـا يتضح تكون طويلة أو قصيرة تبعاً لتدقيقنا فى دراسة الأحياء وتطورها وتمييزنا للتغيرات التى طرأت عليهـا • فاذا كانت دراسـتنا على مستوى الطائفة مثلا ، كما فى حالة الرأسقدميات ، كانت الأقسام الزمنية كبيرة قد يطول كل منها الى عشرات الملايين من السنين •

أما اذا كانت دراستنا على مستوى العائلة مثلا (أى أننا ندرس تتـابع العائلات بدلا من الطوائف) فانه يمكن تضييق الفترات الزمنية التى يمكن تمييزها الى بضع ملايين السنين مثلا • ومن أمثلة ذلك أن العصر الكريتاوى (الطباشـيرى) وهو أحـد عصـور الحقب المتوسـط أو الميزُوزُوِى ، أمكن تقسيمـه الى ثلاثة عشر « عَهْـداً ». بواسـطة تتابع بعض الأمونيات فيه (طبعاً بالاضافة الى دراسـة تمت على طوائف أو عائلات أخرى كانت فى نفس العصر) •

ثم أمكن تقسيم كل عهد الى عدة « أقْسَام » بواسطة تتابع الأجناس المُكَوِّنَة للعائلات المميزة للعهد • فمن ذلك أن العهد الألبى (أحد عهود العصر الكريتاوى) أمكن تقسيمه الى ستة أقسام • ثم بعد ذلك أمكن تقسيم كل من هذه الأقسـام الى عدة « نطاقات » Zones يعرف كل نطاق منها بتفوق نوع من أنواع الأمونيات المكونة للأجناس المميزة للقسم •

أى أنه أمكن بدراسة الأمونيات وحدها تقريباً تقسيم العصر الكريتاوى الى ما يقرب من مائة وخمسين « نطاقا » ، وما ذلك الا لأنّ الأمونيات من أحسن المُسْتَحاثات للاستعانة بها فى تقسيم الحقب المتوسط (الميزوزوى) ، وذلك لسرعة التغيرات التى طرأت على أنواعهـا وأجناسـها أثنـاء الزمن الجيولوجى ، وكذلك لأنها من الحيوانات السريعة الانتقـال من مكان الى آخر ، اذ أهلّت بها جميع البحار فى العـالم فى وقت قصير نسبياً اذا قيس بالأزمنة الجيولوجية •

وهذا يَحْدُو بنا أنْ ننبه مرة أخرى الى نقطة هامة جداً تتعلق بانشاء السلم الزمنى فى الجيولوجيا وهى :

اتساع الرقعة التى يمكن فيها تطبيق سلم زمنى أحاثى واحد اذا قيست بالطريقة الصخرية .

« ان التغيرات التى تحدث فى مجموعة من الأحياء فى مكان ما فى العالم تحصل بنفس الترتيب وبنفس السرعة (اذا قورنت بطول الأزمنة الجيولوجية) فى كل مكان آخر فى العالم عاشت فيه هذه المجموعة » .

أى أنه يمكننا أن نعتبر (دون خطأ يذكر فى التوقيت) أن كل حلقة تطورية فى أية مجموعة من الأحياء حدثت فى وقت واحد فى جميع أنحاء العالم .

وهذا ينتج من أن الأحياء (بعكس المواد غير العضوية كالرواسب) لا تقيدها فى تحركها الجاذبية وحدها ، بل انها تنتشر وتغطى أجزاء كبيرة من العالم اما سابحة أو سائرة أو طائرة أو حتى وهى بيضة أو يرقة ، أى أنه من خاصية الأحياء الانتشار الأفقى (أى الجغرافى) أو الهجرة من مكان الى آخر محاولةً تَغْطِية أجزاء المعمورة بأنواعها . وكلما كان هذا الانتشار سريعاً زادت قيمة الأحياء فى عمل سلم زمنى ينطبق على جميع أنحاء العالم ، وهذا ما نريده من التوقيت الجيولوجى .

وعلى ذلك فاننا نجد أن أية منطقة فى العالم درست وافية من حيث تسلسل الأحياء فيها فان ترتيب التغيرات الأحيائية فيها يسير بنفس الترتيب والتسلسل فى أية منطقة أخرى دُرِسَت جيِّداً كذلك .

ولكن هذا لا يعنى أن كُلَّ الحلقات والخُطوات يجب أن توجد فى كل منطقة من العالم ، بل توجد فجوات أو نقص لبعض الحلقات ، وذلك

لأسباب شتى ، منهـــا : عدم وجود الظروف المناسبة لحفظ البقـــايا الممثلة للحلقة ، كأن لا توجد الرواسب الملائمة (لوجود رواسب برية مثلا بدلا من رواسب بحرية) ، أو لأنّ الظروف البيئية لم تكن مناســـبة فى ذلك المكان لتعيش فيها تلك المجموعة التى تمثل الحلقة التطورية موضوع الدرس .

ويمثل جدول (١) صفحة (٦١) تقسيما عاماً للزمن الجيولوجى .

تدريبـــات عمليـــة

(١) افحص الحفريات المختلفة الموجودة ، وارسم شكلا توضيحيـــاً لكل منها ، مبيناً عليه اسم الحفرية والقبيلة التى تنتمى اليها .

(٢) انقل شكلى (١٨) ، (٢٠) ، بجوار بعضهما البعض على لوحة واحدة بحيث تتوافق الأقسام الزمنية تماماً ، وأجر مقارنة نتـــائج التقسيم الزمنى على أساس تطور الفقاريات وعلى أساس تطور الرأسقدميات ودَوِّن ملاحظاتك على ذلك .

الحياة المميزة	الحقب	العصر	العمر بملايين السنين من وقتنا الحاضر
الإنسان الحديث		الحديث	٠٠,٠٢٥
إنسان العصر الحجرى		البليستوسين	١
	الحياة	البليوسين	١٥
الحيوانات الثديية	الحديثة	الميوسين	٣٥
والنباتات الزهرة		الأوليجوسين	٥٠
		الأيوسين	٧٠
		والباليوسين	
	الحياة	الكريتاوى	١٢٠
الزواحف		الجوراوى	١٥٠
	الوسطى	الترياسى	١٩٠
البرمائيات		البرمى	٢٢٠
والنباتات الأولية		الكربونى	٢٨٠
الأسماك	الحياة	الديفونى	٣٢٠
اللافقاريات	القديمة	السيلورى	٣٥٠
وأول ظهور		الأوردوفيشى	٤٠٠
حفريات كثيرة		الكمبرى	٥٠٠
لا دليل		عصور	على الأقل
مباشر	ماقبل الكمبرى	ما قبل	١٧٥٠
على وجود		الكمبرى	
الحياة			
	نشأة الأرض		٣٠٠٠

جدول (١) : التقسيم العام للزمن الجيولوجي

أسـئلة

(١) أ – اذكر القانون الأول فى علم الطبقات ، أو قانون تعاقب الطبقات .

ب – اذكر القانون الثانى فى علم الطبقات ، أو قانون التعاقب الحفرى .

(٢) اذكر ثلاث صعوبات تواجه الجيولوجى اذا استعان بالترابط (المضاهاة) الحجرى فقط للطبقات فى عمل تاريخ جيولوجى لمنطقة ما .

(٣) ارسم شكلا يبين كلا من الشواهد الجيولوجية التالية :

أ – التخطى ب – التغير الجانبى ج – عدم التوافق .

(٤) اذكر ثلاثة ظروف مناسبة لاتمام عملية التحفر .

(٥) ارسم شكلا توضيحياً مبسطاً لحيوان ينتمى الى كل من القبائل التالية :

(١) الأوليات .

(٢) الجلد شوكيات .

(٣) المسرجيـات .

(٤) الرخـويات .

(٥) الجوفمعويات .

(٦) اشرح باختصار ثلاث طرق مختلفة استعملت فى تقدير عمر الأرض .

(٧) كيف استعان الجيولوجيون بتطور الرأسقدميات فى بناء السلم الزمنى ، وضح اجابتك بالرسم .

الباب الثانى

الحقب والعصور الجيولوجية

حقب ما قبل الكمبرى أو (الحقب الأركى)

(مدته بين ٢٥٠٠ مليون سنة)

يسمى هذا الحقب أحياناً بالحقب الأركى أو الحقب السحيق ، وهو يمثل حوالى خمسة أسداس تاريخ الأرض كله . ويتبع هـــذا الحقب كل أنواع الصخور التى تكونت قبل ابتداء أول عصور حقب الحياة القديمة ، أى العصر الكمبرى الذى يحمل بين طيـــات صخوره أقدم أنواع الحفريات . وتعتبر بداية العصر الكمبرى تاريخاً جيولوجيـــاً هاماً ، ذلك لأن السجل الجيولوجى بدأ فى الوضوح منذ ذلك الوقت وصار من الممكن تقسيمه بدقة على أساس وجود الحفريات فى صخوره كما بينا سابقا .

ومن أجل هذا السبب يطلق على كل الصخور التى سبق تكونها بداية هذا العصر بصخور ما قبل الكمبرى ، وهى صخور تتميز أساساً بافتقار هـا الى أيـّة أنواع من الحفريات ، ومعظمها صخور نارية أو متحولة كالجرانيت والنيس والشست ، وتظهر فى جميع القارات كالقـــاعدة أو الأساس الذى ترتكز عليه طبقات الصخور الأحدث منها ؛ ولذلك فهى تسمى بالدروع ، كالدرع الكندى ، والدرع الافريقى ، وهنـــاك كذلك كثير من الصخور الرسوبية التى تتبع هذا الحقب ولكنها خالية تماماً من الحفـــريات ، وخلو صخور ما قبل الكمبرى من الحفريات يجعل تقسيمها وعمليات الترابط بينها أمراً صعباً .

توزيع صخور ما قبل الكمبرى فى الجمهورية العربية المتحدة :

تبلغ مساحة الصخور التى تنتمى الى هذا الحقب نحو عشر مساحة الجمهورية العربية المتحدة وهى عبارة عن صخور نارية ومتحولة تكونت فى أزمنة مختلفة فى هذا العهد السحيق نتيجة لحركات أرضية متباينة . ولما كانت هذه الصخور تقع فى مناطق نائية بعيدة عن وادى النيل ، لذلك لم يكن من السهل دراستها على الوجه الأكمل ، ومع ذلك فقد اهتم بعض العلماء بتقسيمها وتمييز كل قسم منها ، الا أن هذه الدراسات ، لا يصح أن تؤخذ كدراسات نهائية تُطَبَّقُ على جميع هذه الصخور لأنها قد تميز مناطق خاصة فقط .

وبوجه عام يمكن القول ان الجزء الجنوبى الشرقى من الصحراء الشرقية يشمل أقدم الصخور المعروفة فى الجمهورية العربية المتحدة ، وهى عبارة عن صخور من النيس والشيست التى يظن أنها كانت فى أول أمرها صخوراً رسوبية قديمة ولكنها تحولت بعد ذلك . والذى يفحص هذه المجموعة من الصخور يجد أن بها كتلا وسدوداً من الصخور النارية المختلفة التى تدل على وجود حركات أرضية قديمة نتج عنها تدخل هذه الكتل ، وكذلك حدوث طيات وصدوع عديدة تأثرت بها هذه المجموعة القديمة . ولم تلبث هذه الصخور أن تعرضت لحركات أرضية سالبة (أى الى أسفل) أدت الى ترسب مجموعة أخرى من الصخور فوقها يفصلها عن الأولى القديمة سطح عدم توافق واضح فى كثير من المناطق ولم تلبث هذه المجموعة الثانية أن تغيرت صخورها الى صخور متحولة كذلك بعوامل الضغط والحرارة التى أثرت فيها ، ولكن يجب ملاحظة أن درجة تحول هذه الصخور أقل من درجة تحول صخور المجموعة الأولى القديمة . وتقع هذه المجموعة الثانية فى الجزء الأوسط والشمالى من الصحراء الشرقية بوجه عام ، وكذلك فى جنوب شبه جزيرة سيناء . ولم تلبث هذه المجموعة الثانية طويلا حتى تعرضت كالأخرى لحركات أرضية متتالية أثرت فيها تأثيراً كبيراً واضحاً فى الكتل

النارية الضخمة التى اخترقتها سواء كانت من الصخور النارية الحمضية كالجرانيت أم من الصخور القاعدية كالجابرو وخلافه .

ويجب أن نشير هنا الى أن تدخل هذه الكتل النارية الناتجة من الحركات الأرضية سواء فى المجموعة القديمة أو التالية كان له أكبر الأثر فى توزيع الخامات المعدنية فى هذه الصخور العتيقة حيث توجد خامات معادن الذهب والنحاس التنجستن والقصدير والرصاص وغير ذلك . وأقرب هذه الصخور الى وادى النيل تلك التى توجد فى أسوان حيث كانت هناك المحاجر القديمة لقدماء المصريين للجرانيت على الأخص الذى كان يستغل فى بناء المسلات والتماثيل . ولم يقتصر بحث الفراعنة على الصخور القديمة فى وادى النيل فقط ولكنهم كانوا يَجُوبون الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء بحثاً من الخامات المعدنية وعن صخور الزينة ، ولذلك نرى أن هذه الصخور وخصوصاً تلك التى توجد بالصحراء الشرقية غنية بآثار المصريين القدماء خاصة فى مناطق الذهب القديمة كمنطقة الفواخير والبرامية ، ولم يقتصر نشاطهم على ذلك فقط ولكنهم كانوا يقومون ببعثات جيولوجية رائعة فى هذه المناطق واستخرجوا كميات كبيرة من صخور الزينة (كالبريشا الخضراء وحجر السماق الامبراطورى) كذلك حفروا كثيراً من الآبار التى لا تزال موجودة حتى الآن .

وصخور هذا الحقب تنتشر كذلك فى مساحات بسيطة فى الصحراء الغربية وخصوصاً فى الجزء الجنوبى الغربى (قرب واحة العوينات) حيث توجد كتل هائلة منها تمتد جنوباً فى السودان وغرباً فى ليبيا . كما نلاحظ وجود بعض كتل الصخور النارية المتفرعة خصوصاً جنوب الواحات الخارجة والداخلة .

وقد ظهر حديثاً أن بعض الكتل النارية الموجودة فى هذه الصخور لها عمر مخالف لما كان يعتقد ، اذ أن بعضها ينسب الى العصر الطباشيرى مثلا أو حتى بعض العصور الأحدث منه ، وهذا التقدير فى العمر نتج من تحليل بعض المعادن المشعة الموجودة فى هذه الكتل النارية .

المميزات الاقتصادية لحقب ما قبل الكمبرى
فى الجمهورية العربية المتحدة

يُوجَد بصخور هذا الحقب التى تكون غالبية الصخور فى الصحراء الشرقية (الجزء المتوسط والجنوبى بصفة خاصة) وجنوب شبه جزيرة سيناء معادن كثيرة ذات قيمة اقتصادية ، فيوجد الحديد (النوع الطبقى المتحول) ، والكروميت ، والزبرجد ، والنيكل ، والأسبستوس ، والبيريل (الزمرد) ، والألمنيت ، والقصدير ، والتنجستن والذهب ، والتلك ، والنحاس .

(١) خامات الحديد الطبقية المتحولة : توجد بمنطقة كريم جنوب القصير وأم حجاليج ، وسويقات أم لصاف ، وأم شداد ، وأم خميس . يوجد الخام فى هيئة مجموعات كأشرطة عدسية الشكل مختلفة الثخانة والامتداد . ويتكون الخام أساساً من معدنى الماجنتيت والهيماتيت المختلطين بالكوارتز ومعادن سليكاتية أخرى .

يقدر الخام الموجود بمنطقة كريم بحوالى ٢٫٥ مليون طن .

(٢) الكرُومِيت : يوجد فى هيئة عدسات صغيرة متفرقة فى الصخور فوق القاعدية (بيريدوتيت تحول الى سربنتين) وتلك فى المناطق الوسطى والجنوبية من الصحراء الشرقية . وتتراوح كبرى هذه العدسات بين ١٥ ، ٢٤ متراً فى لطول .

(٣) الزَّبرجد : أهم حجر كريم يوجد فى بلادنا ، وينحصر وجوده فى الصخور فوق القاعدية فى جزيرة سانت جون بالبحر الأحمر (حوالى ٢٠٠ كيلو متر جنوب شرقى مرسى علم) . يوجد المعدن فى هيئة عروق صغيرة أو جيوب متشابكة فى صخور السربنتين (ناتجة من تحلل صخور فوق قاعدية) .

(٤) النيكل : يوجد على نطاق ضيق فى عروق معدن الجارنيريت (سليكات النيكل المائية) فى الصخور القاعدية بجزيرة الزبرجد .

(٥) الاسبستوس : يوجد فى صخور النيس المتداخلة فى عدسات صخور السربنتين بمنطقة حفافيت بجنوب الصحراء الشرقية .

(٦) البيريل (الزمرد) : يوجد فى مناطق متفرقة بجنوب الصحراء الشرقية (زبارا ، سكايت ، نجرس ، أم كابو) . يوجد المعدن فى العروق العدسية لصخر البجماتيت الحامل للكوارتز (صخر يشبه الجرانيت ولكن بلوراته كبيرة) . والتى تقطع الشست . يوجد الزمرد فى هيئة بلورات خضراء مائلة للزرقة ومخططة ، وقد استخرج المعدن فى الأزمنة القديمة لغرض استخدامه فى الأحجار الكريمة . ولكن البيريل يستخدم الآن فى أغراض الطاقة الذرية ، وهذا يشجع على تجديد استخراج المعدن من مناجمه المختلفة .

(٧) الألمنيت : (أكسيد الحديد والتيتانيوم) : توجد رواسب كبيرة لهذا المعدن فى أبو غلقة بجنوب الصحراء الشرقية . وتوجد هذه الرواسب فى هيئة شرائط عدسية الشكل موجودة فى صخور الجابر والمحتوية على التيتانيوم والحديد .

(٨) القصدير والتنجستن : توجد عروق المرو (الكوارتز) الحاملة للقصدير والتنجسن فى مناطق العجلة ، أبو دياب ، نويبعة ، المويلحة ، أبو خريف ، أم بصيلة ، وزرقة النعام بالصحراء الشرقية . يوجد القصدير فى معدن الكاسيتريت (أكسيد القصدير) . أما التنجسن فيوجد فى معدن الولفراميت (تنجستات الحديد والمنجنيز) .

(٩) الذهب : تنتشر عروق المرو الحاملة للذهب فى مناطق كثيرة (أكثر من ٥٠) بالصحراء الشرقية أهمها : سمنا ، عطا الله ، فواخير ،

دجباج ، أم الروس ، البرامية ، دنجاش ، ساموت ، حمش ، حوطيط ؛ أم جاريات ، أم الطيور ، كوربای . ومناجم هذه المناطق كلها مكتشفة منذ أيام قدماء المصريين . ويوجد الذهب عادة فى عروق المرو المالئة للشقوق ويصاحب الكوارتز فى بعض الأحيان معدنى الكالسيت والبيريت . وقد يكون الذهب ظاهراً للعين ولكن غالباً ما يكون دقيقاً جداً لدرجة أنه لا يمكن مشاهدته بالعين المجردة . وتوزيع الذهب فى هذه العروق غير منتظم ، وقد يصادف الانسان فى بعض الأحيان جيوب صغيرة غنية بالمعدن . وتوجد الفضة مصاحبة للذهب ، وتتراوح النسبة عادة بين الفضة والذهب من ١ : ٤ الى ١ : ٦ وقد استخرج حوالى ٢٠٤١٣٧ أوقية من الذهب فى الفترة ما بين عام ١٩٠٢ ، وعام ١٩٥٤ . وكانت أكبر كمية هى : ١٧٣٨٧ أوقية فى عام ١٩٥٤ .

(١٠) رواسب التلك : توجد بمناطق العطشان والمكبى ، ودرهيب بجنوب الصحراء الشرقية ، فى هيئة أجسام عدسية ذات أبعاد مختلفة فى مناطق التكسير والشد الممتدة فى الصخور المتحولة . ويصاحب التلك بعض المعادن الكربوناتية والسليكاتية . وقد يوجد التلك مصبوغاً بلون أخضر (ملاكيت - كربونات النحاس المائية) .

استخرج ٧٣٣٤٦ طن من التلك من مناجم العطشان ودرهيب بصفة خاصة فى المدة بين ١٩٣١ ، ١٩٥٥ ، وكان أعلى انتاج هو ٦٠٠٠ طن عام ١٩٥٥ .

(١١) رواسب النحاس : توجد أجسام عدسية حاملة للزنك والنحاس فى منطقتى أم سميوكى والعطشان ، حيث تحل محل صخور التلك والكربونات فى مناطق التكسير والشد فى الصخور البركانية المتحولة . كما توجد رواسب للنحاس مالئة للشقوق الموجودة فى الصخور الجرانيتية ، والشستية فى مناطق رجيتا ، أبو النمران ، سمره بشبه جزيرة سيناء .

حقب الحياة القديمة (الحقب الباليوزوى)

(مدته ٣٠٠ مليون سنة)

يستغرق هذا الحقب $\frac{3}{4}$ السجل الجيولوجى الحاوى على الحفريات. ويستدل من الحفريات التى وجدت بين صخوره أن الحياة خلال ذلك الحقب كانت تختلف اختلافاً بيناً فى طبيعتها وصورها عن تلك التى نألفها على سطح الأرض الآن . فمعظم الأجناس والرتب بل والطوائف الحيوانية والنباتية التى كانت تميز ذلك الحقب انقرضت وبادت قبل نهايته فلم تترك نظيراً لها فيما يلى ذلك من صخور ، ولا يعرف منها شىء على سطح الأرض الآن .

ويمكن تقسيم حقب الحياة القديمة الى قسمين كبيرين هما :

(ب) حقب الحياة القديمة المتأخر ، ويشمل العصور الآتية :

٦ ــ العصر البرمى	عهد سيادة البرمائيات .
٥ ــ العصر الكربونى	
٤ ــ العصر الديفونى	عهد سيادة الأسماك .

(ا) حقب الحياة القديمة الباكر ، ويشمل العصور الآتية :

٣ ــ العصر السيلورى	
٢ ــ العصر الأردوفيشى	عهد سيادة اللافقاريات .
١ ــ العصر الكمبرى	

وهذه هى المميزات العامة للحياة خلال هذا الحقب :

الحيـاة النباتيـة :

لم تتمثل الحياة النباتيـة فى العصرين الكمبرى والأردوفيشى سـوى بالأعشاب البحرية فقط ، ويلاحظ أنها فى خلال العصرين : الأردوفيشى ،

والسيلورى بدأت تحيط خلاياها بطبقة من الجير ، وذلك مما ساعد على حفظ حفريات لها فى الصخور ، وقد ظهرت أولى أنواع النباتات البرية البدائية مع أواخر العصر السيلورى ، مثل النباتات اللازهرية ، وخاصة خفيات الألقاح كالسراخس وذيل الحصان وغيرها ، وهذه ازدهرت ازدهاراً ملحوظاً بعد ذلك ، وخاصة خلال العصر الكربونى ، وهى النباتات التى تتكون منها رواسب الفحم المشهورة فى جميع أنحاء العالم .

الحياة الحيوانية :

لم يلبث العصر الكمبرى أن بدأ حتى كانت البحار تغص بأصناف عديدة من الحيوانات اللافقارية تمثل معظم القبائل اللافقارية المعروفة . ولم يبدأ العصر الذى يليه (الأردوفيشى) حتى كانت كل قبائل اللافقاريات ممثلة . وقد بدأت بشائر الفقاريات فى الظهور مع أواخر العصر الأردوفيشى ممثلة فى تلك الأسماك المدرعة البائدة العديدة الفكوك التى أشرنا اليها . وانتشرت هذه الأسماك انتشاراً كبيراً فى العصر الديفونى الذى يسمى بعهد سيادة الأسماك ، ومن الأسماك نشأت البرمائيات ، وهذه زاد انتشارها فى العصرين الأخيرين من الحقب ، الكربونى والبرمى زيادة عظيمة ، حتى أن تلك الفترة من حقب الحياة القديمة تسمى عصر سيادة البرمائيات ، وخلال العصر البرمى ظهرت بوادر الزواحف ، ولكنها لم يكن لها دوراً ملحوظاً فى ذلك الوقت ، أما الثدييات والطيور فلم يعثر لها على أى أثر فى صخور هذا الحقب .

وسنصور الخواص الحفرية لكل عصر من العصور الستة لحقب الحياة القديمة ، مبتدئين بأقدمها كما يلى :

(١) العصر الكمبرى : (مدته حوالى ٨٠ مليون سنة) .

حفرياته المميزة من جنس المسرجيات غير المشقة . وثلاثيات الفصوص .

(٢) العصر الأردوفيشى : (مدته حوالى ٦٠ مليون سنة) .

حفرياته المميزة من رتبة الجرابتوليتات .

(٣) العصر السيلورى : (مدته حوالى ٣٠ مليون سنة) •

حفرياته المميزة من رتبة الجرابتوليتات والعنكبيات المنقرضة (العقارب البحرية) •

(٤) العصر الديفونى : (مدته حوالى ٤٠ مليون سنة) •

أهم مميزات هذا العصر هى انتشار الأسماك المدرعة (أسماك بدائية)•

(٥) العصر الكربونى : (مدته حوالى ٦٠ مليون سنة) •

أهم ما يمتاز به هذا العصر ميزتان :

(١) ظهور البرمائيات التى تشبه فى حياتها حياة الضفادع الحديثة ، ولكن معظمها كان ذا حجم كبير حتا قد يبلغ طوله مترا أو مترين ، وكانت تعيش حول المستنقعات الكثيرة التى عمت كثيرا من أنحاء الأرض فى ذلك العصر •

(٢) ازدهار النباتات الأرضية اللازهرية ازدهاراً كبيرا وخاصة فصيلة خفيات الألقاح •

وقد ازدهرت هذه النباتات فى المستنقعات وحولها فى غابات كثيفة ، وكانت منها أشجار ذات أحجام ضخمة حتاً تبلغ أطوالها ٣٠ مترا وأنصاف أقطارها متران ، وهذه الغابات هى التى دفنت بين الصخور فى ذلك العصر وتكونت عنها رواسب الفحم الشهيرة •

(٦) العصر البرمى : (مدته حوالى ٣٠ مليون سنة)

وهو آخر عصور حقب الحياة القديمة ، وقد انقرضت كثير من أنواع الحياة التى ظهرت فى العصور الأولى لحقب الحياة القديمة ، بينما ازدهرت أصناف جديدة من الكائنات صار لها شأن كبير فى العصور التالية • زاد انتشار البرمائيات ، وظهرت أوائل الزواحف التى تطورت فيما بعد بسرعة عظيمة وصار لها شأن كبير جدا فى عصور حقب الحياة الوسطى •

توزيع صخور حقب الحياة القديمة

فى الجمهورية العربية المتحدة

لا يزال توزيع عصور هذا الحقب فى مجموعة الصخور المسماة بالصخر الرملى النوبى غامضاً ، اذ أن معظم هذه الصخور لا يحتوى على حفريات ، اللهم الا فى بعض المناطق المتفرقة . وأقدم العصور التى وجدت حفرياتها فى الصخور الظاهرة على سطح الأرض هى صخور العصر الكربونى الثابت وجودها فى صخور منطقة العوينات بجنوب غرب الصحراء الغربية ووادى عربة على خليج السويس بالصحراء الشرقية والمنطقة الغربية من شبه جزيرة سيناء . ويلاحظ أن الحفريات التى عثر عليها فى منطقة العوينات هى عبارة عن نباتات بدائية منقرضة تدل على وجود بيئة قارية ترسبت فيها طبقات الصخر الرملى النوبى ، هذا بعكس الصخور الموجودة فى وادى عربة أو غرب سيناء ، فهى تحتوى على حفريات لأصداف بحرية تدل على انغمار هذه المناطق وما جاورها أثناء العصر الكربونى بمياه البحر .

وبدراسة الدول المجاورة للجمهورية العربية المتحدة مثل الأردن وفلسطين وتركيا والسعودية نجد أن صخور هذه المنطقة المسماة بالصخر الرملى النوبى تحتوى على حريات أقدم من العصر الكربونى ، بعضها يمت الى العصر الكمبرى أو الأوردوفيشى أو السيلورى أو الديفونى ، ولذلك فانه يمكننا أن نعتبر أن الجزء الأسفل من هذه المجموعة الصخرية قد ينسب الى أحد هذه العصور والواضحة فى المناطق المجاورة ، وربما يثبت ذلك فى المستقبل بوجود حفريات تدل على ذلك فى الصخور الظاهرة فوق سطح الأرض . ويجدر بنا هنا أن نشير الى أن بعض الصخور المدفونة تحت أعماق كبيرة فى الصحراء الغربية مثلا قد ثبت وجود حفريات فيها تنسب الى العصور الأولى من حقب الحياة القديمة ، « جب عافية » غرب منخفض القطارة وغيرها ، وهذا يدل على أن البحر القديم قد غمر الجزء الشمالى من الجمهورية العربية المتحدة فى العصور الأولى من حقب الحياة القديمة .

والطبقات العليا من الحجر الرملى النوبى التى تغطى الصخور الكربونية مباشرة فى شبه جزيرة سيناء أو وادى عربة قد تنسب الى العصر البرمى أو ربما الى العصور الأولى من حقب الحياة الوسطى • وتحتوى صخور العصر الكربونى على الأخص فى غرب سينا على خام المنجنيز وبعض طبقات الفحم الذى ثبت وجوده فى منطقة بدعة وأم ثورة وكذلك فى وادى عربة •

المميزات الاقتصادية لرواسب حقب الحياة القديمة

تحمل صخور الحجر الرملى النوبى التابعة للعصر الكربونى بعض رواسب فحمية كالتى اكتشفت حديثاً فى غرب سيناء بمنطقتى وادى بدعة ووادى أم ثورة ، وهذه الرواسب الفحمية تختلط مع طبقات الطفل والطين الأسود التى تتخلل صخور الحجر الرملى النوبى • ويبلغ متوسط سمك طبقة الفحم المكتشفة حوالى ٥٠ سنتيمتراً ، وتجرى الدولة الآن أبحاثاً واسعة لمعرفة مدى امتداد هذه الطبقة فى الأماكن المجاورة ، وكذلك الأعماق التى توجد عليها ، كما تجرى الأبحاث لمعرفة نوع الفحم وملاءمته للاستغلال وأغراض الصناعة •

وقد جاء كذلك فى بعض التقارير القديمة أن بعض أعمال الحفر القديمة كانت قد سجلت وجود طبقة رقيقة من الفحم فى الصخور المماثلة الموجودة فى وادى عربة بالصحراء الشرقية على الجانب الغربى من خليج السويس •

وصخور الدولوميت التابعة للعصر الكربونى كذلك فى شبه جزيرة سيناء تحمل خام المنجنيز الذى يستغل من عدة مناجم هناك ، ولكننا سنتكلم عن موضوع خام المنجنيز عندما نتكلم عن المميزات الاقتصادية لصخور حقب الحياة الحديثة ، اذ أنه بالرغم من وجوده فى صخور العصر الكربونى الا أنه قد ترسب أو نشأ فيها نتيجة لعوامل جيولوجية نشطت ابان وسط حقب الحياة الحديثة •

حقب الحياة الوسطى (الحقب الميزوزوى)

(مدته حوالى ١٣٥ مليون سنة)

المميزات الأحيائية :

بالنسبة للافقاريات اختفت المرجانيات الرباعية وحلت محلها المرجانيات السداسية وكذلك كل الجلدشوكيات الجالسة ما عدا القليل من زنابق البحر. كثر وجود الأمونيات فى هذا الحقب وتنوعت وتطورت سريعا وسيطرت على الحياة اللافقارية فى البحار حتى سمى هذا الحقب بحقب الأمونيات ، كما أنه سمى أيضا باسم حقب الزواحف وذلك لسيطرة هذه الحيوانات على الحياة الفقارية البرية والبحرية .

العصر الترياسى

(مدته حوالى ٣٥ مليون سنة)

اختفت البرمائيات الضخمة تماما . تضاءلت النباتات اللازهرية الخفية الألقاح .

العصر الجوراوى

(مدته حوالى ٤٥ مليون سنة)

يمتاز هذا العصر بالتطور السريع فى أجناس الأمونيات وتنوعها وكثرتها .

وانتشرت الزواحف الضخمة فى هذا العصر والعصر الذى يليه واحتلت جميع البيئات وسيطرت على البحر والبر والجو . وظهرت فى هذا العصر بشائر الطيور بظهور الطائر العتيق الذى جمع ما بين صفات الطيور الحقيقية

وصفات الزواحف . كانت له أسنان الزواحف وذيلها الطويل الكثير الفقارات ، وكانت له أصابع ثلاثة مثل الطيور الا أنها كانت تنتهى بمخالب .

العصر الكرتاوى أو الطباشيرى

(مدته حوالى ٥٥ مليون سنة)

ما زالت الأمونيات تأخذ مكان الصدارة بين الفقاريات فى هذا العصر .

ولا زالت الزواحف الضخمة منتشرة ومتعددة الأنواع . وظهرت الطيور الحقيقية فى هذا العصر غير أنها ما تزال محتفظة بأسنانها التى لم تفقدها الا فى الحقب الثالث . ظهرت فى هذا العصر أيضاً كاسيات البذور فجأة ، تعدد أشكالها بسرعة . وكان طابع النباتات فى هذا العصر طابعاً حديثاً . أى أن أكثر العائلات النباتية الحديثة كانت ممثلة فيه مثل : النخيل ، الغار ، السنديان ، الماغنوليا ، الكافور .

توزيع صخور حقب الحياة الوسطى

فى الجمهورية العربية المتحدة

(١) العصر الترياسى :

ثبت وجود صخور تنسب الى هذا العصر فى منطقة عريف الناقة بالقرب من الحدود الفلسطينية ، وذلك بعد الدراسات التى أجريت وأثبتت أن هذا الجزء من الاقليم كان مغموراً بمياه البحر وخصوصاً فى الجزء الأوسط من هذا العصر ـ وقد تكون أجزاء أخرى فى شمال سيناء تابعة لهذا العصر ، الا أنها ليست ظاهرة فوق سطح الأرض أو ربما تكون لم تكتشف للآن ـ وعلى كل حال فانه يمكننا أن نخمن أن الجزء الشمالى من مصر كان جزءا منه مغموراً بهذا البحر خلال جزء من هذا العصر ، ثم لم تلبث الظروف أن تغيرت وارتفعت الأرض وترسبت طبقات من الصخر الرملى النوبى وخصوصاً فى أوائل العصر الجوراوى .

(٢) العصر الجُورَاوِى :

بدأ هذا العصر بترسيب صخور رملية تحت ظروف قارية كما هو ثابت ، في منطقة المغارة فى شمال سيناء ، ولكن هذا لم يدم طويلا ، اذ تعرض شمال المنطقة لحركات أرضية سالبة كان من نتيجة انخفاضه أن غمرت مياه البحر ، خصوصاً فى أواسط هذا العصر ، جزءًا كبيراً من المناطق الشمالية ولا سيما في منطقة خليج السويس وما يجاورها ، ولذلك فاننا نجد رواسب بحرية منتشرة فى حشم الجلالة وفى شمال سيناء ، وتحتوى هذه الرواسب على صخور متعددة من الطفل والمارل والحجر الجيرى ذو السحنة البحرية والغنى بأنواع متعددة من الحفريات .

ومما يجدر ذكره أن بعض هذه الصخور ظهر أنها ترسبت تحت ظروف دالية (دلتا) ، عثر فيها على طبقات من الفحم كما هو ثابت فى منطقة عيون موسى والمغارة .

وبالقرب من نهاية هذا العصر ارتفعت الأرض مرة أخرى ، وأصبحت الرواسب الغارية من الحجر الرملى النوبى ، وهذا ثابت فى صخور كثيرة من المناطق التى ذكرناها .

(٣) العصر الكريتاوى (الطباشيرى) :

تنتشر صخور العصر الكريتاوى انتشاراً كبيراً فى الجمهورية العربية المتحدة ، كما هو ظاهر من الخريطة الجيولوجية ، وخصوصاً فيما يختص بالرواسب البحرية ، ومع أنه كانت تغلب الظروف القارية فى أوائل هذا العصر ، كما هو ثابت من ترسيب الصخر الرملى النوبى ، الا أن الحركات الأرضية أثرت تأثيراً كبيراً على الأرض ، فلم تلبث أن انخفضت فى أواسط العصر الطباشيرى وأدّى ذلك الى انغمار الأرض بماء البحر المتوسط مدة طويلة . وهذا واضح فى الرواسب البحرية الطباشيرية المنتشرة فى الصحراء الشرقية والغربية وفى وادى النيل ، والتى وصلت الى أقصى الجنوب بالقرب

من أسوان ، واستمرت مدة طويلة كان من أثرها ترسب كميات ضخمة من المارل والطفل والحجر الجيرى المنتشر فى أدفو والأقصر والواحات ومنطقة القصير ووادى قنا .

وبالقرب من أواخر هذا العصر ظهرت حركات أرضية كان من أثرها تقهقر البحر شمالا بدرجات بطيئة نسبياً وخصوصاً فى الجنوب ، وهذا ما أدى الى وجود شبه توافق بين طبقات هذا العصر وطبقات العصر الايوسينى الذى يليه .

أما فى الشمال فانه نظراً لشدة تأثره بالحركات الجبلية ، فان الأرض تأثرت بحركة بناء الجبال ، كان من أثرها خلق مرتفعات وجبال عديدة فى شبه جزيرة سيناء وفى جبل شبراويت وجبل أبو رواش والواحات البحرية ، وأدت هذه الحركة الجبلية الى وجود حالة عدم توافق فى تلك المناطق .

ومما يجدر الاشارة اليه أن الطبقات العليا من هذا العصر تحتوى على خام الفوسفات المنتشر وجوده فى القصير وسفاجة والسباعية والخارجة والداخلة.

المميزات الاقتصادية لصخور حقب الحياة الوسطى

(١) فى العصر الجوراوى :

تحمل الصخور الطفلية والطينية التى تنتمى للعصر الجوراوى الأوسط والأسفل طبقات متوسطة السمك من الفحم . وقد اكتشفت هذه الطبقات حديثاً فى الآبار العميقة التى حفرت فى منطقة عيون موسى الى الجنوب الشرقى من السويس فى شبه جزيرة سيناء وفى وادى النطرون . ويبلغ متوسط سمكها حوالى المائة سنتيمتر ، كما اكتشفت طبقات قريبة من السطح فى منطقة جبل المغارة بشمال سيناء ، وتجرى الأبحاث الآن لمعرفة نوع الفحم الجوراوى وصلاحيته للصناعة وامتداده تحت الأرض وخاصة فى منطقة عيون موسى والمغارة ، والنتائج مبشرة بامكان استغلاله اقتصادياً فى القريب .

(٢) فى العصر الكريتاوى (الطباشيرى) :

أ - رواسب الحديد البَطْرُوخِية : توجد هذه الرواسب ضمن تكوين الحجر الرملى النوبى بالمنطقة شرق مدينة أسوان • ويوجد الخام فى نطاقين : السفلى ، ويتكون من طبقة واحدة سمكها يتراوح بين ٣٠ ، ٤٠ سم فى المتوسط ، ولكن قد تبلغ فى بعض الأماكن المتر ونصف من الأمتار ، أما النطاق العلوى فيتكون من طبقتين أو ثلاثة ، يفصل بينها طبقات من الرمل والطين • ويتراوح سمك هذه الطبقات بين ٢٨ سم ، ١٫٤٨ مترا ، وأقصى سمك لها ٣٫٥٠ مترا ويقدر احتياطى الخام بهذه المنطقة بحوالى ١٢٠ مليون طن • وتَستَغل شركة الحديد والصلب المصرية هذا الخام فى الوقت الحاضر •

ب - رواسب الفوسفات : توجد هذه الرواسب فى ثلاث مناطق رئيسية هى :

١ - منطقة ساحل البحر الأحمر ، وتضم سفاجة والقصير •

٢ - منطقة وادى النيل ، حيث توجد الرواسب الفوسفاتية بالقرب من ضفتى النيل فيما بين مدينتى أدفو وقنا ، وبالأخص عند بلدتى السباعية والمحاميد •

٣ - منطقة الصحراء الغربية ، وتضم الواحات الخارجة والداخلة •

وتوجد رواسب الفوسفات فى هيئة طبقات يصل سمكها فى بعض الأحيان أكثر من مترين ، وتحتوى على عظام ، وأصداف ، وقطع صخرية ، وحبيبات كوارتز ، ومواد طينية •

حقب الحياة الحديثة (الحقب الكاينوزوى)
(مدته حوالى ٧٠ مليون سنة)

المميزات الأحيائية العامة :

بانتهاء حقب الحياة الوسطى حدثت تغيرات شاملة وعميقة فى الأحياء التى كانت تأهل بها الكرة الأرضية • فالأمونيات التى ظلت تسيطر على

الحياة اللافقارية فى البحار عشرات الملايين من السنين اختفت تماما ولم تترك لها خلفاً ، كذلك اختفت البلمنيات التى كانت تنافسها فى هذه السيطرة . وفى الحياة الفقارية حل بالدينوصورات نفس المصير ، فاختفت من البر والبحر والهواء ، ولم يبق من طائفة الزواحف كلها الا تلك الأجناس القليلة التى نعرفها الآن .

ولقد ترك اختفاء الدينوصورات المجال متسعاً أمام الثدييات لتملأ الأرض وتؤول اليها السيادة فى البر والبحر . وقد اتخذت الثدييات فى هذا الحقب كل الأشكال المختلفة تقريباً التى شاهدناها فى الدينوصورات لتلائم جميع البيئات . ولكن الثدييات لم تسيطر على الهواء كما فعلت الدينوصورات الطائرة . ذلك لأن هذه البيئة كانت قد بدأت تسيطر عليها الطيور التى انتشرت فى أوائل هذا الحقب .

وعلى العموم فان الحياة فى حقب الحياة الحديثة سواء منها الحيوانية أو النباتية كانت أكثر شبهاً بالحياة الحديثة التى نعاصرها الآن منها بالحياة فى الأحقاب السابقة ، بل أن هذا الشبه كان يزداد شيئاً فشيئاً خلال هذا الحقب كلما اقتربنا من عصرنا الحديث ، حتى أن هذا التدرج استعمل فى الاستعانة على تقسيم الحقب الى سبعة عصور استمدت أسماؤها من المقاطع اللاتينية التى تفيد هذا المعنى كالآتى :

(٧) الهولوسين أو الحديث	Holocene or Recent	أى الحديث تماما .
(٦) البلستوسين	Pleistocene	أى الحديث أكثر .
(٥) البليوسين	Pliocene	أى الحديث كثيرا .
(٤) الميوسين	Miocene	أى الحديث المتوسط .
(٣) الاليجوسين	Oligocene	أى الحديث نوعاً .
(٢) الأيوسين	Eocene	أى فجر الحديث .
(١) الباليوسين	Paleocene	أى الحديث العتيق .

ويفصل كثير من المؤلفين هذه العصور السبعة الى مجموعتين ، تشمل المجموعة الأولى أو الأقدم ، الخمسة العصور الأولى ويسمونها الحقب

الثـــالث Tertiary Era على أســاس أن حقب الحيــاة القـديمة هو الحقب الأول ، وحقب الحياة الوسطى هو الحقب الثانى • والمجموعة الثانية أو الأحـــدث ، وتشمـل عصر البلستوســين ، والحـديث ويسمونهـــا الحقب الرابـع •

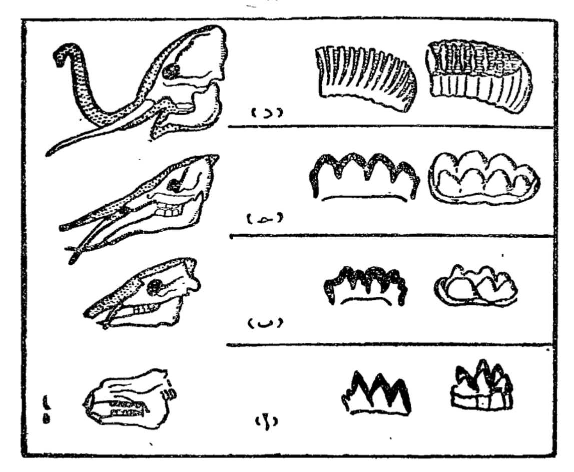
الحيــاة النباتية :

أشرنا قبل ذلك الى أن النبــاتات كاسيات البــذور بدأت فى الازدهار أثناء العصر الكريتاوى وهذه بلغت أوجها فى خـلال حقب الحيــاة الحديثة ، فتكونت منها الغابات الكثيفة التى غصت بأجناس وأنواع عديدة • فبالاضافـة الى عاريات البذور الممثلة بأشجار الصنوبر والأرز وغيرها ، ظهرت أجنــاس كثيرة من مغطاة البذور ، ككثير من الأشـجار المـألوفة الآن مثـل الحـور والزيزفون والقرو والكستناء والنخيل والكافور والغاب وغير ذلك • ولأول مرة ظهرت الحشائش الحقيقية التى غطت مساحات شاسعة ، وكذلك كثـير من النباتات الحولية المعروفة •

أمثلة من تطور الثدييات فى حقب الحياة الحديثة

رأينا فى الباب السابق كيف تطوّر الحصان من حيوان صغير فى حجم الثعلب ذى أسـنان مدببة قصيرة الى شكله الحــالى ، وما يمتاز به من أسـنان طويلة معقدة لتقاوم البرى الناتج من تطور الأعشاب الخشنة فى نفس الوقت مع تطور الحصان •

ولنرى الآن بعض الأمثـلة الأخرى من تطور الثدييــات فى الحقب الثالث ، ومن أهم الأمثلة التى درست سلسلة تطور الفيل التى لم تفهم جيداً الا بعد اكتشاف الحلقتين الأوليين منهـا فى صـخور الجمهـورية • ويبين شكل (٢٧) حلقات هذا التطور ويمكن تلخيصها كالآتى :



شكل (٢٣)
(تطور الفيل فى حقب الحياة الحديثة)

الحلقة ٤ : الفيل Elephant فى الحديث بافريقيا وآسيا .

الحلقة ٣ : ماستودن Mastodon فى ميوسين أوروبا .

الحلقة ٢ : باليوماستودن Paleomastodon فى أوليجوسين الفيوم .

الحلقة ١ : موريثيريوم Moretherium فى ايوسين الفيوم .

ويمكن أن يرى أنّ هذا التطور اتبع خمسة اتجاهات ، هى :

أولا : الازدياد فى الحجم ، اذ أن حجم الموريثيريوم الذى وجد فى طبقات الأيوسين الأعلى بالقرب من بحيرة قارون لم يزد على حجم كبش صغير .

ثانياً : الاستطالة فى الأنياب العليا حة تكونت أنياب الفيل المعروفة .

ثالثاً : هذا الاتجاه هو استطالة الفك الأسفل فى أول الأمر ليساعد على استخراج الجذور التى كان يتغذى عليها الفيل الأول ، ثم تراجع الفك واختفاء الأنياب السفلى تبعاً للتغير فى غذاء الفيل بعد ذلك من الجذور الى أوراق الأشجار .

رابعا : تغير شكل الأسنان الماضغة من النوع المحبب الصغير وازديادها تعقيداً حتى أصبحت من النوع المرتفع الكثير الثنيات لتتحمل مضغ أوراق الأشجار الخشنة .

خامساً : استطالة الخرطوم (الأنف) شيئاً فشيئاً كما يدل على ذلك الارتفاع التدريجى فى الجزء الخلفى من الجمجمة ، حتى تتسع المساحة التى تتصل بها عضلات الرقبة التى تحرك الرأس بحملها الثقيل الذى يشمل الخرطوم والأنياب الثقيلة . وقد وافق هذه الزيادة فى حجم الجمجمة وجود فجوات هوائية داخل عظامها حتى لا تزداد ثقلا تضيع معه الفائدة من اتساع مساحتها .

أسباب تطور الحصان والفيل :

يجب أن نذكر هنا أن تطور كل من عائلتى الحصان والفيل كان مرتبطا ارتباطاً وثيقاً بنقطتين تختصان بطريقة الحياة .

الأولى : نوع الغذاء ، وقد رأينا كيف تطورت الأسنان فى كل من العائلتين لتلائم نوع الغذاء التى اضطرت أن تعيش عليه .

الثانية : الدفاع عن النفس ، فالعائلة الأولى (عائلة الحصان) اتخذت الهرب (أى الجرى السريع) طريقة للنجاة من أعدائها ، اذ أنها كانت تعيش

فى سهول فسيحة ترعى الحشائش بها • ولذلك استطالت أطرافها وتطورت كما رأينا قبلا •

أما الفيلة : فقد انتقلت الى الغابات لتعيش على أوراق الأشجار ، ولكنها كانت تضطر هناك الى الدفاع عن نفسها ضد النمور المفترسة التى كانت تقفز على ظهورها وتطعنها بأنيابها الحادة ، ولذلك تكون عندها ذلك الخرطوم الضخم الجبار لتضرب به عدوها وتلقيه من فوق ظهرها •

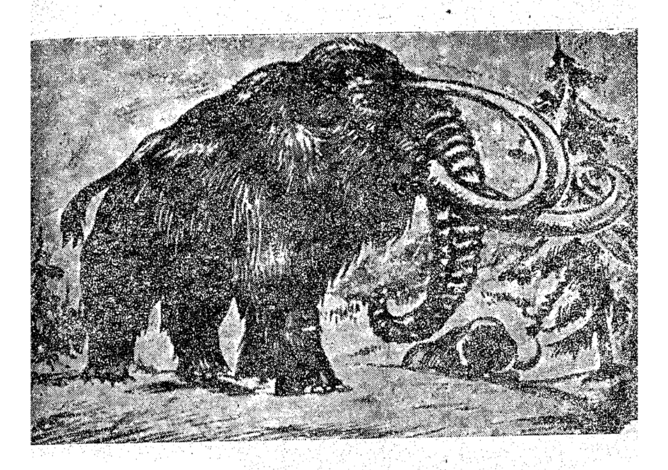
ومن أشهر النمور التى عاصرت الفيلة والخيول القديمة ووجدت حفريات عظامها وأنيابها فى صخور الحقب الثالث ، النمر المنقرض ، ذو الأسنان الخنجرية ، وقد عاش أثناء عصر البليوسين وبلغ طول أنيابه العليا حوالى الربع متر •

الرئيسيات :

هذه مجموعة من الثدييات العليا ، بدأت تطورها منذ بداية الحقب الثالث ، ولكنها لم تأخذ مكاناً بارزاً بين الثدييات قبل بداية عصر الميوسين ، وهى المجموعة التى تنتمى اليها تلك الثدييات البسيطة ، كالقردة والغوريللا ، والأورانج أوتان ، والجيبون ، والشمبانزى ، والانسان • ويلاحظ من حفريات هذه المجموعة أنها تطورت تطوراً واسعاً جداً فى عصر الميوسين حتى أنها حجبت أهمية الثدييات الأخرى تماماً •

وفى نظر بعض المؤلفين يجب ألا نعتبر حقب الحياة الحديثة كله كعهد الثدييات ، اذ أن عهد الثدييات كمجموعة واحدة ينتهى بنهاية عصر الميوسين ، أما عصر البليوسين والبلستوسين فهما عهد سيادة الرئيسيات ، والحديث هو عهد الانسان •

وقد وجدت حفريات كثيرة توضح حلقات تطور الرئيسيات ، وأقدم هذه الحفريات ما جاء من صخور الأليجوسين فى منطقة الفيوم ، ومن صخور



شكل (٢٤)

حيوان الماموث الذى كان يعيش فى عصر البلستوسين والذى حفظ جسمه كاملا فى الجليد دون أن يطرأ عليه تحلل أو تغيير

الموسين فى بلاد كثيرة ، وخاصة فى أوروبا ، ومن صخور البليوسين وجدت حفريات هامة للرئيسيات فى وسط وجنوب افريقيا . أما حفريات العائلة الانسانية فلم توجد منها آثار مؤكدة الا فى صخور البلستوسين والحديث .

ومن أشهر حفريات العائلة الانسانية أو البشرية تلك الهياكل والجماجم التى وجدت لأجناس منقرضة من البشر ، مثل انسان جاوة القديم Pithecanthropus erectus ، ومعناه القرد الآدمى الذى يمشى منتصباً ، شكل (٢٥ - ا) يمثل جمجمته التى وجدت فى صخور الحقب الزابع فى جاوة ، وشكل (٢٥ - ب) يمثل تصوراً لما كان عليه الشكل الكامل لهذا الجنس المنقرض من البشر .



شكل (٢٥)
انسان جاوة المنقرض (بثيكانثروبوس)
أ ـ تصور للرأس الكاملة . ب ـ الجمجمة .

والمثـال الثـانى هو انسـان نياندرتال . homo reanderthalensis (شكل ٢٦ ا ، ب) وقد اكتشفت بقايا من جمجمته وبعض عظامه بالقرب من مدينة دسلدورف بألمـانيا ، ويبدو أنه كان يعيش فى أزمنة أحدث من التى عاش فيها انسان جاوة ، اذ أن عصر الصخور التى اكتشفت فيهـا بقاياه قـدر بأنه حوالى نهاية عصر البلسوسين .



شكل (٢٦)
انسان نياندرتال المنقرض
أ ـ تصور للراس الكاملة . ب ـ الجمجمة .

وهنـاك أمثلة أخرى لأجناس وأنواع منقرضـة من البشر تتوالى بهـا الاكتشافات . أما الانسان الحديث نفسه ، أو الذى يسمى homo sapiens أى الانسان العـاقل ، فلم يعثر على بقـايا هياكله فى تلك الصخور القديمة ، ولكن عثر على الكثير منها فى عصور المولوسين ، أو العصر الحـديث ، وهى لا تختلف بالمرة عن بقايا الانسان الحالى . ومن ثم فليس لها قيمة فى تاريخ صـخور العصر الحديث . الا أن الانسان الحـديث ، وهو فى تعريف آخر له يسمى الانسان صانع الآلات Tool maker قد ترك فى الفترات المتعاقبة لتاريخه أثناء العصر الحديث نماذج من الآلات التى كان يستعملها ،

وهذه كان ينحتها من الحجر والصوان فى أوائل الأمر فيما يسمى بالعصر الحجرى للانسان ، ثم انتقل بعد ذلك الى صنعها من الفلزات كالبرونز والحديد .

وقد أمكن من دراسة آلات العصر الحجرى للانسان التى وجدت فى صخور العصر الحديث تقسيمه الى حضارتين متعاقبتين : حضارة قديمة ميزت الجزء الأقدم من هذا العصر ، وتمتاز الآلات التى كانت تستعمل فيها بأنها بدائية غير مهذبة ، أو أنها مشكلة بدرجة غير دقيقة ، وهذه تميز ما يسمى بالعصر الحجرى القديم للانسان (Plaeolithic) وحضارة أحدث تمتاز الآلات الحجرية فيها بدرجة أعلى من التهذيب والنحت والتشكيل ، للأغراض المختلفة ، وهى تميز ما يسمى بالعصر الحديث للانسان (Neolithic)

توزيع صخور حقب الحياة الحديثة
فى الجمهورية العربية المتحدة

(١) الباليوسين والايوسين :

كان من أثر انغمار الجزء الجنوبى من الجمهورية بالبحر فى الايوسين الأسفل كما ذكرنا ترسب كميات هائلة من الرواسب البحرية فى أوائل هذا العصر ، وذلك ثابت من الهضبة الجيرية الموجودة على ضفتى وادى النيل والتى تمتد فى الصحراء الشرقية والغربية جنوباً .

وبتأثير الحركات الأرضية فى أواسط هذا العصر انحسر الماء شمالا ، وكانت حدود البحر بالقرب من أسيوط على وجه التقريب حيث نجد صخور الايوسين الأوسط الجيرية تعلو صخور الايوسين الأسفل الممتد جنوباً وتتمثل فى الجزء من الهضبة المحصور بين أسيوط والقاهرة هذه الصخور الجيرية ، والذى يَفْحَص منطقة جبل المقطم مثلا يشاهد نموذجاً رائعاً لترسب طبقات الايوسين الأوسط ، ويلاحظ كذلك كميات ضخمة من الحفريات البحرية المميزة للمستويات المختلفة .

وفى أواخر هـذا العصر بدأت الأرض ترتفع ، ونتـج عن ذلك تقهقر البحر شمالا ، ولهذا فاننا نجد أن صخور الايوسين العلوية منتشرة فى منطقة الفيوم والقاهرة ، وكذلك فى أجزاء مختلفة من شبه جزيرة سيناء وتعتبر هذه الصخور حلقة اتصال بين الصخور البحرية والقارية وبها كمية كبيرة من الصخور الرملية الجيرية الشاطئية .

(٢) الأوليجوسين :

ارتفعت الأرض كما ذكرنا فى أواخر العصر الايوسينى ارتفاعاً كبيراً أدى الى وجود بيئة قارية فى الشمال كان من أثرها ترسب الصخور الرملية الشائعة والمنتشرة فى الجبـل الأحمر ، وطريق السويس ، وشـبه جزيرة سيناء . وتتميز هذه الرواسب الرملية بوجود كتل من الخشب المتحجر نتجت عن انتشار الغابات فى هـذا العصر والتى لم تحفظ لتتحول الى فحم ، ولكنها للأسف تعرضت لميـاه بركانيـة حارة غنيـة بالسليكا فتحجرت وتحولت الى غابات متحجرة . وفى بعض الرواسب كما فى منطقـة الفيوم عثر على بقـايا عظام الفيـلة وغيرها من الثدييـات والحيـوانات التى كانت تعيش فى هـذه الغابات الكثيفة .

(٣) الميوسين :

لم تدم الحـالة القـارية كثـيراً فى الشمال ، اذ أن الأرض تعرضت لانخفاض فى هـذا العصر أدى الى انغمار الأرض مرة ثانيـة بمياه البحـر فترسبت صخور بحرية كثيرة الانتشار فى الجزء الشمالى مثل طريق السويس وساحل البحر الأحمر وساحل شبه جزيرة سيناء . ويجدر أن نذكر هنا أن هذه الصخور تمثل عدة بيئات مختلفة بعضها بحرية وبعضها متوسطة وبعضها قارية ، ولذلك فاننـا نجـد مجموعة ضـخمة من هـذه الرواسب التى تمثل ظروفاً متنوعة . وعلى خليج السويس وساحل البحر الأحمر تنتشر الصخور الجبسية التى نتجت من البحيرات القديمة والتى يبلغ سمكها مئات الأمتار ، بل ما يزيد على ألف متر فى بعض المناطق .

(٤) البليوسين :

ارتفعت الأرض فى نهاية العصر السابق وتقهقر البحر شمالا ، ولكن لم تلبث الأرض أن انخفضت فى أواسط هذا العصر مما أدى الى انغمارها مرة أخرى بالبحر الذى غطى الجزء الشمالى من الجمهورية .

ويلاحظ أن وادى النيل كان قد تكون قبل هذا الانغمار مما أدى الى دخول مياه البحر فى وادى النيل ، وهذا ثابت فى توزيع الرواسب فى منطقة أبى الهول (كوم الشلول) وكذلك فى مجرى وادى النيل حتى بنى سويف .

ويجدر ملاحظة أن الدلتا فى هذا الوقت كانت قريبة من الفيوم ، ولذلك فاننا نجد عظام حيوانات منتشرة مثل الزرافة والنعام والتماسيح وغيرها فى شمال الفيوم .

(٥) البلستوسين والحديث :

تشمل الصخور الحديثة نسبياً المنتشرة على ساحل البحر المتوسط بالقرب من الاسكندرية والسلوم وشمال سيناء وهى رواسب غنية بكثير من الحفريات التى تشبه الحيوانات التى تعيش حالياً بالبحر المتوسط ، كذلك تُنْسَب اليهما الكثبان الرملية الضخمة الموجودة فى الصحراء الغربية ، والرواسب المرجانية المنتشرة على ساحل البحر الأحمر .

الميزات الاقتصادية لصخور حقب الحياة الحديثة فى الجمهورية العربية المتحدة

العصر الايوسينى :

زواسب الحديد بالواحات البحرية : تغطى طبقات خام الحديد مساحة قدرها حوالى ٢٫٥ كيلو متر مربع ، ويبلغ سمكها حوالى عشرة أمتار ، ويتكون الخام من أكاسيد الحديد المختلفة (ليمونيت) . وقد تكونت هذه

الرواسب نتيجة للترسيب فى صخور الايوسين الجيرية من مياه ضحلة .
ويقدر خام الحديد بهذه المنطقة بحوالى ١٠٠ مليون طن .

العصر الميوسينى :

يمكن تصنيف الرواسب المعدنية التى تكونت فى عصر الميوسين الى أربعة أقسام :

(١) رواسب الرصاص والزنك :

التى توجد فى مناطق عدة على ساحل البحر الأحمر وأشهرها منطقة أم غيج على بعد ٥٠ كيلو مترا جنوب غربى مدينة القصير . وقد تكونت هذه الرواسب نتيجة للاحلال فى صخور الميوسين الجيرية . وتتكون الرواسب من معادن عدة من بينها سفاليريت (كبريتيد الزنك) وجالينا (كبريتيد الرصاص) ويقدر احتياطى الخام بمنطقة أم غيج ٤٠٠٠٠٠ طن ؟

(٢) رواسب الكبريت :

يوجد الكبريت فى جيوب وعدسات متفرقة فى صخر الجبس ، كذلك فى هيئة طبقات رقيقة متبادلة مع طبقات الجبس والطفل ، وذلك بمنطقة رَنْجَة على ساحل البحر الأحمر . أما فى منطقة جمسة على ساحل البحر الأحمر أيضاً (بالقرب من الغردقة) فيوجد الكبريت مع صخر الانهيدريت .

(٣) رواسب المنجنيز الحديدية :

وقد حلت هذه الرواسب محل الصخور الجيرية الدولوميتية التابعة للعصر الكربونى . وتوجد بمنطقة أم بجما بشبه جزيرة سينا ، أما رواسب المنجنيز الموجودة فى شمال حلايب فى وادى ميااليك بجنوب الصحراء الشرقية ، فقد تكونت بملء المحاليل الحاملة للمنجنيز والحديد للشقوق الموجودة فى صخور المنطقة .

(٤) زيت البترول :

يوجد زيت البترول فى التراكيب البنائية المناسبة لاختزانه فى صخور عصر الموسين على جانبى خليج السويس • وأول اكتشاف لزيت البترول فى مصر كان فى جبل الزيت حيث كان يرشح فوق مياه الآبار والعيون •

ثم لوحظ وجوده بعد ذلك فى مغارات استخراج الكبريت من صخور الميوسين فى منطقة جمسة على البحر الأحمر سنة ١٨٨٥ ومنذ ذلك التاريخ توالت الأبحاث وأعمال التنقيب عن زيت البترول فى مصر ، وتم انشاء أول حقل لاستغلال البترول فى جمسة سنة ١٩١٠ وأهم حقول البترول التى توالى الكشف عنها منذ ذلك التاريخ هى :

(١) على الجانب الغربى لخليج السويس : حقول الغردقة ورأس غارب ورأس بكر •

(٢) على الجانب الشرقى لخليج السويس (سيناء) : حقول سدر وعسل ورأس مطارمة وفيران وبلاعيم وأبو روديس •

العصر الحديث :

تترسب الرمال السوداء فى الوقت الحاضر من مياه النيل عند مصبه فى البحر المتوسط بالقرب من رشيد ودمياط • وتضم هذه الرواسب معادن الالمنيت ، ماجنتيت ، زركون ، جارنت ، مونازيت ، ورمال خضراء (معادن سليكاتية مختلفة) • ويحتوى المونازيت على حوالى ٥ ٪ آكسيد الثوريوم — وتترسب الرمال السوداء على الشاطىء نتيجة لعمليات الفرز التى تقوم بها الأمواج والتيارات البحرية ••

تدريبـــات عمليـــة

(١) افحص عينات للأنواع المختلفـة من الحفريات الموجـودة فى طبقات صخور المنطقة التى توجد بها مدرستك ، وتعرف على أسمائها والعصر الذى تنتمى اليه .

(٢) انقل الخريطة الجيولوجية للجمهورية العربية المتحدة على ورقة شفافة، وضح عليها حدود توزيع العصور الجيولوجية المختلفة فقط (لا تنقل الأنواع المختلفة من الشرط والنقـاط) ، ثم بأقـلام ملونة لَوِّن كل عصر من العصور باللون المعروف به كما سيأتى :

(١) ما قبل الكمبرى (أحمر وردى فاتح) .
(٢) الكربونى (رمادى) .
(٣) الصخر الرملى النوبى (بنى فاتح) .
(٤) الترياسى (بنى داكن) .
(٥) الجوراوى (رمادى داكن) .
(٦) الكريتاوى (أخضر فستقى) .
(٧) الايوسين (أزرق سماوى) .
(٨) الأوليجوسين (برتقالى) .
(٩) الميوسين (أصفر) .
(١٠) البلستوسين والحديث (يترك أبيض) .

(٣) اذا قمت برحلة الى المتحف الجيولوجى بالقاهرة ، فادرس ما يلى ، ودون ملاحظاتك ومعلوماتك فى كراسة صغيرة .

(١) الخريطة الجيولوجية للجمهورية العربية المتحدة .

(٢) الحفريات الموجودة فى الجمهورية العربية المتحدة .

(٣) أنواع الصخور المختلفة وأماكن وجودها بالجمهورية .

اسـئلة

(١) فى طبقات وصخور أى عصر من العصور الجيولوجية توجد معادن العناصر والخامات التالية فى الجمهورية العربية المتحدة ؟

(١) الرصاص والزنك .

(٢) الكروميت .

(٣) خام الحديد البطروخى .

(٤) المنجنيز .

(٥) الالمنيت .

(٢) اذكر ثلاثة أنواع من الصخور والرواسب المعدنية الموجودة ضمن تكاوين كل من العصور الجيولوجية التالية :

(١) ما قبل الكمبرى .

(٢) الكريتاوى .

(٣) الميوسين .

(٤) الحديث .

الباب الثالث

الجيولوجيا فى خدمة الانسان

تعريف :

درسنا فى المناهج والأبواب السابقة : تركيب الأرض من معادن وصخور ، والأشكال المختلفة لهذه الصخور من عروق أو كتل أو طبقات ، والعوامل المختلفة التى تؤثر على هذه المادة الأرضية ، سواء أكانت على السطح أم من الداخل • ثم جمعنا الحوادث المختلفة التى مرت بالأرض منذ نشأتها ، والحياة التى أهلت بها منذ بدئها • ووصلنا الى معرفة شيء عن التاريخ الجيولوجى للكرة الأرضية • ان هذه هى المعلومات الأساسية فى هذا العلم ، وبجانب فائدتها الثقافية فلها فوائدها الاقتصادية العديدة • ان علم الجيولوجيا مرتبط ارتباطاً وثيقاً بالفنون الصناعية • ويكاد يكون استغلال خامات المعادن والانتفاع بها كما هى ، أو استخلاص الفلزات الثمينة منها — شيئاً ملازماً لحضاوة الانسان منذ القدم •

لقد استعمل الانسان أول ما استعمل فى حياته مواداً غير فلزية ، هى : الصوان والكوارتز ، وأحجار صلدة ، وأخرى رخوة ، وذلك لعمل أسلحته وأدواته ولأغراض الحفر • ولقد استعمل الطين الى درجة كبيرة فى أول الأمر فى صناعة الفخار ، ثم بعد ذلك فى صناعة الطوب • ان استعمال الطين يعتبر — بدون شك — أول صناعة معدنية قام بها الانسان منذ قديم الزمان ، وعلى نطاق واسع ، وظلت باقية حتى وقتنا هذا • وقد اكتشفت أدوات فخارية ، يرجع تاريخها الى أكثر من عشرة آلاف سنة وتصل الى ثلاثين ألف سنة قبل الميلاد • لقد استعمل البابليون والمصريون القدماء ألواح الطين والقار والطوب بكميات كبيرة فى بناء مدنهم ، وفى الرى ، وفى مواد الكتابة • وبعد ذلك استعملت أحجار البناء على نطاق كبير •

انّ بناء الأهرامات (٢٩٨٠ — ٢٩٢٥ ق٠م٠) يُعتَبر أكبرَ شاهد اثبات على هذه الصناعة المعدنية الضخمة التى قامت فى تلك الأيام السحيقة ، وذلك اذا تذكرنا أن الهـــرم الأكبر يَضـم مليـــونين وثلاثمـــائة ألف (٠٠٠و٣٠٠و٢) قطعة ضخمة مكعبة الشكل تقريباً من الصخر الجيرى ، تزن الواحدة منها ٢٫٥ طن فى المتوسط ٠

لقد استخدم انسان العصر الحجرى القديم فى الفترة ما بين ٠٠٠ر١٠ ، ٧٠٠٠ ، سنة ق٠م٠ ثلاثة عشر نوعاً من المواد المعدنيـــة ، نذكر من بينهـــا الكوارتز بأنواعه والبيريت والكالسيت والكهرمان والتلك ٠ كذلك استخدم المغرات المختلفة ، والبويات المعدنية ، أما فى العصر الحجرى الجـديد فقـد تعرف الانسان على الذهب والنحاس والفيروز ، وغيرها من المعادن ٠ أما عن استخراج الأحجار الكريمة وصناعتها ، فقد وصلت الى مرتبة عالية من الفن أيام القـــدماء المصريين ، والبـــابليين ، الآشوريين ، والهنود ٠ ولقد كان للأحجار الكريمة أهمية كبيرة عند قدماء المصريين ، وذلك لجمالها وروعتها التى تأخذ بالنفوس ، وارتباط ذلك بعقائدهم فى أسرار الحياة وما بعد الموت ٠

وفى أول الأمر بهرتهم ألوان الأحجار الكريمة ، فاستغلوها لألوانها، فكان لون « أزرق الزهرة » ممثلا فى معـدن الأزوريت ، واللون الأحمر فى الكارنيليـــان ٠ والبنفســـجى فى الأميثست ، والأخضر فى الملاكيت ، والأزرق المشـــوب بخضرة جميلة فى الفيروز ٠ كما اسـتعملوا الزمرد والجارنت بعد أن صنعوا لها أوجها مصقولة ، أو شكلوهـــا فى هيئة كرات وأشكال بيضـــاوية ، واستعملوهـــا فى عقودهم ٠ ويبدو أنه كان فى تلك الأزمنة الغابرة نوع أو آخر من التجارة والتبادل بين الدول ، اذ يحتمل أن يكون قدماء المصريين قد حصلوا على معدن اللابيز من أفغانستان التى تبعد ٢٤٠٠ ميـــلا عن مصر ٠ وبعـــد ذلك جـاء اليونانيـــون ، وأضـــافوا الى المعادن المستعملة بعض الأحجار الكريمة الهندية ، مثل : السافير ، والتوباز ٠

ان أقدم مناجم استُغلّت كانت منذ حوالى ٤٠٠٠ سنة ، حين أرســل الفراعنة البعثات المكونة من المهندسين والمُستكشفين الى شبه جزيرة سيناء

حيث استغلوا معدن الفيروز ، ثم معادن النحاس ، ثم ذهبوا بعد ذلك الى الصحراء الشرقية ، حيث حفروا الأرض بمئات الثقوب ومداخل الأنفاق بحثاً عن الزمرد ، ويقال ان هذه الانشاءات المجمية وصلت الى عمق يقرب من ٣٠٠ متراً ، وبلغت من الاتساع بحيث تسع لأربعمائة رجل بالعمل فيها دفعة واحدة • ويحتمل أن تكون أول الفلزات التى استعملها الانسان القديم من النوع الذى يوجد فى الحالة العنصرية – (معادن تركيبها الكيميائى عنصر واحد) • فيعتقد أنّ الذهب استُعمل قبل النحاس ، والنحاس قد اكتشف حوالى عام ١٨٫٠٠٠ ق٠م ولقد استخلص الذهب من رواسب تجمعاته فى الطمى والرمال ، وذلك بغسل هذه المواد الأرضية فى أوانى ملأى بالماء فيرسب فتات الذهب (التبر) الى القاع بسرعة وتبقى المواد الطينية وغيرها عالقة فى الماء بعض الوقت •

وازدادت معرفة الانسان بالمعادن والصخور واستخدامه لها بمرور الزمن وأمكنه استخلاص الفلزوات منها ، وانتقل من عصر النحاس والبرونز الى عصر الحديد وعصر الفحم ، وعصر البترول وحالياً عصر اليورانيوم •

وفى الصناعات الحديثة يرتكز استغلال خامات المواد المعدنية على الارتباط الموجود بين الجيولوجيا والتعدين ، وبينها وبين فن استنباط زيت البترول الخام • ويجب أن يقوم الجيولوجى بعمليات التحرى والاستكشاف • خذ مثلا احتياجات العالم الحديث للماء ، الفحم الحجرى ، الحديد ، البترول ، المعادن غير الحديدية ، المخصبات ، المواد الكيميائية • من أين نحصل على كل هذه المواد المختلفة ؟ ما هو مصدرها ؟ ان تحديد مواقع السدود والخزانات والأنفاق والمصارف ، وانشاء الطرق ومواد البناء ، يدخل كله فى اختصاص الجيولوجى بجانب اختصاص المهندس المدنى •

١ – انشاء الطرق

عند انشاء الطرق يواجه المهندس مشكلات عديدة ، بعضها يتعلق بالنواحى الجيولوجية والبعض الآخر يتعلق بالنواحى الهندسية • وقديماً

كانت المشكلات الهندسية هى التى تؤخذ فى الاعتبار أثناء العمل ، بينما لاتلقى المشكلات الجيولوجية أهمية تذكر . وبتقدم العلم والمعرفة أصبحت الدراسات الجيولوجية ذات أهمية قصوى فى هـذا الموضوع . وتتضمن الدراسات الجيولوجية للطرق ما يأتى :

(١) العوامل الطبيعية التى تؤثر على متانة واستقرار الطريق .
(٢) نوع وخاصية واختلاف وتوزيع الصخور التى تستعمل فى انشاء الطرق .

ويلاحظ أن ما سنذكره بخصوص انشاء الطرق فى المدن ينطبق أيضاً على طرق السكك الحديدية ، وطرق عربات النقل (الطرق الزراعية والجبلية) .

أساسات الطرق والأنفاق : الصخور التى ستنشأ عليها الطرق أو تقطع فيها الأنفاق اما أن تكون مفككة مثل الطمى والرمل والحصى ، أو متماسكة مثل الصخور النارية والرسوبية والمتحولة .

المنخفضات : عندما يقطع الطريق منخفضات كالوديان مثلا ، فان الأساس الصخرى غالباً ما يكون بعيداً عن السطح . ويلاحظ أن الصخور المفككة التى تغطيه فى هذه المنخفضات هى غالباً من الحصى أو الرمل أو الطمى . وهذا ما يلاحظ فى طريق البحر الأحمر . وقد توجد طبقة من النباتات المتحللة بجوار البحيرات كما هو مشاهد بطريق القاهرة — الاسكندرية الصحراوى بالقرب من بلدة العامرية . ولذا فانه من الأهمية بمكان أن تفحص هذه المواد فحصاً دقيقاً .

ويلاحظ أن الرمل الجاف أو الحصى يتحمل أثقالا كبيرة ، بعكس الرمل اللين أو الطمى والبيت (النباتات المتحللة) الذى له قوة احتمال صغيرة . وتتراوح قوة تحمل الرمل الجاف بين ٢ ، ٤ طن على القدم المربع ، بينما نجد أنها فى الرمل اللين ، تختلف من ربع طن الى طن واحد .

ويجب أن تكون أساسات كبارى السكك الحديدية ذات حجم كبير بعكس أساسات قناطر عربات النقل التى غالباً ما تكون محدودة الحجم • وفى كلتا الحالتين فانه من الضرورى أن تؤسس هذه الأساسات على صخور صلدة • وكثيراً ما تكون الصخور التى على جانبى الطريق ضعيفة ولها خاصية الانزلاق •

الطرق فى المنحدرات : يجب أن ننظر بعناية خاصة الى طبيعة وتركيب الصخور اذا ما أنشىء الطريق على منحدر أو مر خلال نفق صناعى ، وفى كلتا الحالتين لابد أن يجرى فحص الصخور بعد استخراج كل منها ودراستها جيولوجيا •

والطمى غالباً ما يكون له قوة امتصاص عالية للماء ، لذلك فانه يلين وينزلق عندما يكون مبتلا • وحتى اذا لم يكن مبتلا لدرجة الانزلاق فانه يمتص ماء كثيراً يجعله ينتفخ • فاذا وجد هذا الطمى تحت الطريق أو النفق فانه يؤثر عليه ويغير من موضعه • ولذلك فانه فى المناطق المطيرة تنشأ مجارى لمنع وصول المياه الى الطين حتى لا يحدث الانتفاخ المذكور •

والرمل والحصى اذا لم يكونا نفاذين للماء قد يبقيا كما هما بعد تعريتهما ، وكذلك قد يتفتتا أيضاً بتأثير التعرية • أما جلاميد الصخور الكبيرة فانها عادة لا تتأثر وتظل قائمة لعدة سنوات عديدة فى المناخ الجاف • وبالعكس نرى أنها تتأثر بسهولة فى المناخ الرطب وتتفتت •

واذا وجدت فى الأنفاق طبقات صلبة مع أخرى لينة مثل حالة الحجر الرملى مع الطفل اللين ، فان ذلك يؤدى الى الانزلاق • اذ أنه عند حدوث تعرية الطفل اللين ، فان طبقات الحجر الرملى سوف تتأثر بذلك وتسقط •

مواد الطرق : تتضمن المواد الخام التى تستخدم فى انشاء الطرق العامة الطمى والرمل والحصى والزلط والجلاميد وحجر الكسر • والأنواع المختلفة من الصخور المستعملة فى انشاء الطرق يجب أن تؤخذ من مصادر

قريبة منها ، فعلى الجيولوجى أن يفحص مصادر الامدادات المحلية بعناية لمعرفة كمية وجود هذه الصخور وسمكها وامكانية الحصول عليها .

الخواص المطلوبة فى أحجار الرصف : فيما يلى الخواص المطلوبة فى الأحجار التى تلزم لانشاء الطرق .

(١) مقاومتها لعوامل التعرية : تعتمد مقاومة الصخر للتآكل بعوامل التعرية الى حد كبير على صلادة وجمودة الصخر ، والصخور التى لها مقاومة عالية تكون أكثر ملاءمة من غيرها فى أعمال انشاء الطرق .

(٢) الصلادة : وتعنى بها خاصية مقاومة الصخر للخدش ببعض المواد الساذجة مثل الرمل .

(٣) الجمودة : وتعنى بهـــا مقـاومة الصخر للكسر تحت الطرق والضربات الناشئة بحدوة حصان على سبيل المثال .

(٤) قوة اللحام : هى قوة التماسك التى تربط مواد الصخر بعضهـا ببعض .

ويلاحظ أن بعض الصخور الناعمة (الترابية) لهـــا خاصـية الربط واللحام ، حتى أننا نجد أن الكتلة التى تتكون تصبح غير منفذة ولهـــا قدرة كبيرة على السحب والمط .

الصخور المستعملة فى انشاء الطرق : يمكن تصنيف هذه الصخور الى الأصناف كما يأتى :

(١) الصخور النارية : ترتب هـذه الصخور حسب خاصية الجمودة كما يأتى :

مرتبة من الأعلى جمودة الى الأقل .

(أ) الصخور الجوفية القاعدية والبركانية والقاعدية .

(ب) الريوليت ٠
(ج) الجرانيت ٠

كذلك يمكن ترتيبها بالنسبة لمقاومتها للتعرية كما يأتى :

(أ) البــازلت ٠
(ب) الجــابرو ٠
(ج) الريوليت ٠
(د) الجرانيت ٠

أما من ناحية قوة اللحام ، فنجد أنها عالية فى الصخور الجوفية القاعدية عنها فى الصخور الحمضية ٠ كذلك فهى مرتفعة فى الصخور البركانية عنها فى الصخور الجوفية الخشنة التبلور ٠

(٢) الصخور الرسوبية : يعتبر الصخر الجيرى والدولوميت أنسب الصخور المستعملة فى انشاء الطرق ، ورغم أن متانتها تعتبر متوسطة الا أنه يمكن استعمالها فى الطرق الكثيرة الحركة ، اذا أضيف اليها مخلفات البترول أو الأسمنت اللذان يعملان على تقويتها ، وفى هذه الحالة وجد أنهما يعطيان نتائج أحسن من الصخور النارية الجامدة ٠ وكلما كان الحجر الجيرى ناعماً وحبيباته متساوية تقريبــاً فى الحجم ، فانه يعطى قوة تماسك كبيرة تقوى بطانة الطريق ٠

أما الحجر الرملى فانه لا يستعمل على نطاق واسع ، لأن قوة التماسك فيه ضعيفة ، نظراً لاختلاف شكل حبيباته ، وقد تستخدم الصخور الرمليــة الطينية أو الرملية الجيرية أو الرملية الحديدية فى تأسيس الطرق لما لهذه المواد المختلفة من تأثير حسن على قوة التماسك ٠

ولا يستخدم الطفل لعمل الطرق عادة ، ولكن وجد أن الطَّفْل الذى يحتوى على أكاسيد الحديد له نتائج طيبة ، ويستعمل فى بعض الأحيان فى الطرق ذات الحركة الخفيفة ٠

(٣) الصخور المتحولة : معروف أن النيس أقل متانة من نظائره غير المتحولة ، ولكن مع ذلك فانه يوجد بعض النيس الصالح المشتق من أصل نارى . ولا يستخدم الرخام أو الاردواز فى الطرق ، أما صخر الكوارتزيت فيصلح فى بعض الأحيان كمادة لتغطية سطوح الطرق .

وتوجد فى الجمهورية العربية المتحدة أنواع لاحد لها تصلح للرصف ، ويستعمل منها فى القاهرة صخور البازلت من أبى زعبل ، والأحجار الجيرية من جبل المقطم ، والصخور الرملية المتماسكة من الجبل الأحمر .

٢ ـ حماية الشواطىء

تختلف الشواطىء المكونة من الصخور الرسوبية فى درجة مقاومتها لفعل الأمواج ويتوقف ذلك على الوضع البنائى للطبقات المكونة لها ، وكذلك على وجود الفواصل ودرجة انتشارها ، وتعتبر الشواطىء المكونة من تتابع متجانس من الطبقات الأفقية أو المائلة نحو البر أشد هذه الشواطىء مقاومة لفعل الأمواج . أما اذا كانت طبقات الشاطىء مائلة نحو البحر فان هذا يساعد عى سرعة وكثرة حدوث الانهيارات الأرضية ، مما يؤدى الى اضعاف الشاطىء وسهولة تعريته .

وتحدث الانهيارات الأرضية بكثرة وسهولة كذلك على الشواطىء المكونة من طبقات متبادلة من صخور صلبة وأخرى رخوة كصخور الطباشير أو الحجر الجيرى التى تغطى طبقات من الطفل أو الطين .

ومما يسهل العمل الهدمى للأمواج فى الشواطىء الرسوبية وجود الفواصل بكثرة وخاصة الرأسية منها ، فان النحات والتعرية يحدثان بسهولة على أسطح الفواصل ، مما يسهل توغل فعل الأمواج الى مسافات كبيرة .

وتحمى الشواطىء من تأثير الأمواج الشديدة والتيارات البحرية وخاصة أثناء العواصف باقامة حوائط بحرية أو أرصفة كما هو مشاهد على شاطىء مدينة الاسكندرية أو بور سعيد وكذلك على شواطىء النيل .

وتُبْنى هذه المنشآت موازيةً غالباً للشاطىء وبعضهـا يُبْنى مائلا بزاوية كبيرة حتى يكون ذا تأثير كبير فى صَدِّ الأمواج الشديدة ، وكُل هذه المنشآت عبارة عن مواد صلدة مكونة من مواد صخرية كالزلط والرمل وغيرها ومختلطة بالأسمنت وتقاوم التيارات والعواصف الشديدة كما أن بعضها يدخل فى تركيبه قطع خشبية متينة أو شرائح من الصلب •

ويُلاحظ على الشاطىء ثلاثة أنواع من هذه المنشآت الأساسية :

(١) مبانى قوية فى شكل حوائط منفصلة أو متصلة وهى موجودة على شاطىء النيل والبحر المتوسط •

(ب) أرصفةٌ تُقام أيضاً بجوار هـذه الحوائط كما هو الحـال فى شواطىء الاسكندرية •

(حـ) كتل مكعبة كبيرة الحجم توضع بجوار الحوائط البحرية وهـذه يمكن مشاهدتها بكثرة فى منطقة شـواطىء رمـل الاسكندرية (السلسلة) •

ويلاحظ أن هذه المنشآت تتركب من مواد متينة متماسكة قوية تصـد الماء وتمنع نفـاذه خلالهـا ، حتى لا تُؤَثر فى صخور الشاطىء • وهـذه المنشآتْ ذات أهمية كبرى فى حماية الشواطىء ، والا فان التيارات والأمواج قد تنفذ الى الصخور الشاطئية التى لا تلبث أن تتدهور •

وفى بعض البلاد نجد أن حماية الشواطىء قائمـة على زراعة النبـاتات والحشائش الكبيرة التى تَحْمى الى حد كبير هـذه الشواطىء من التدهور بفعـل التيـارات المـائية • وفى هولنـدة تُثَبَّت قواطع خشبية كبـيرة أمام الحَوَاجز التى تُنشأ لهـذا الغـرض ، وتُعْتبر ذات تأثير قـوى فى صـد الأمواج المندفعة •

وفى الحقيقة ، ان لكل شاطىء طرق خاصة لحمايته ، تتوقف على نوع الصخور المـكونة له ومدى اختلافها فى الصـلابة وقـوة الاحتمال • كما أن هندسة اقامة حوائط البحر أصـبحت تتَطور بتقـدم العلم • فقديمـاً كانت

تُبْنَى فى وضع رأسى ، ولكن وجد بالتجربة أن خيرَ الأوضاع هى أن تكون هذه الحوائط منحدرةً ناحيةَ البحر أو مقعرة فى نفس الاتجاه ، ففى هذه الحالة تكون أكثرَ مقاومةً لعوامل الهدم المائية .

٣ ـ السدود والخزانات

تَشْمل الموارد العامة للمياه تلك التى تستمد مياهها محليا من مياه الأنهار ، وتلك التى تستمد مياهها من المياه الأرضية ، وتلك التى تَحْتَجِز خلف خزانات تنشأ فى أماكن معينة من مجارى الأنهار .

وقد تكون المياه التى تحجز فى خزانات خلف السدود مياه الأمطار المحلية أو مياه تجلبها الأنهار الى أماكن الاستغلال ، وغنى عن البيان أن دراسة العوامل الجيولوجية لها أهميتها الكبرى عند اختيار مواقع الخزانات والسدود ، حيث أن أهم شروط فى الخزان هى أن تكون أرضيته على أعلى درجة ممكنة من القدرة على الاحتفاظ بالمياه وعدم تسربها ، كما أن أساس السد لا بد أن يكون على أعلى درجة من المتانة .

العوامل التى تَتَحكم فى اختيار موقع الخزان : هُناك عوامل غير جيولوجية كثيرة تتحكم فى اختيار موقع الخزان ، وذلك كقربه أو بعده عن المنطقة المراد امدادها بالماء ، وكمية الأمطار الساقطة ، وكذلك ارتفاع الخزان ، وغير ذلك . أما العوامل الجيولوجية : فيمكن دراستها تحت العناوين الآتية :

(١) جيُولوجية منطقة التَشَرُّب : ان طبيعة الصخور فى هذه المنطقة تؤثر على النسبة بين الماء المنطلق والماء المتخلل .

(٢) جيُولوجية منطقة الخزان : منطقة الخزان هى المنطقة التى ستغمرها المياه بعد اقامة السد ، ويجب ألا يكون بهذه المنطقة أى مجال لتسرب خطير للمياه خلال صخورها عندما تتعرض للضغط الهائل الذى يسببه

الماء المخزون . وتتطلب دراسة هذا الموضوع الحصول على خرائط جيولوجية دقيقة وتقارير وافية ، وكذلك معلومات كافية عن منسوب المياه الأرضية فى المنطقة ، وعن مدى احتمال تطمية الخزان ومكان التطمية .

وأكبر المشاكل بخصوص اختيار منطقة الخزان هى ما يتعلق بجيولوجية الصخور الصلدة تحت الطبقات السطحية ، فقد تكون هذه الصخور ذات مسامية ونفاذية عالية ، وهذا يقلل من قدرة الخزان على الاحتفاظ بالماء . وأسوأ أنواع الصخور من هذه الناحية هى الصخور الجيرية والصخور الأخرى القابلة للذوبان ، وذلك لاحتوائها عادة على ما يسمى مجارى الذوبان التى تتسرب خلالها كميات ضخمة من الماء أمام السد .

وعندما لا يكون هناك مفر من اقامة الخزان على مثل هذه الصخور ، فالعلاج يكون بحقنها بالأسفلت الساخن خلال مجموعة من الفتحات التى تحفر فيها .

وتعتبر صخور الجبس من أسوأ أنواع الطبقات فى مناطق الخزانات أيضاً ، حيث أنها أكبر ذوباناً من الصخر الجيرى نفسه . وقد فشلت بعض الخزانات تماماً بعد انشائها بسبب التسرب السريع للماء خلال طبقات من الجبس .

وأحسن أنواع الصخور التى لا تسمح بالتسرب ، صخور الطفل والاردواز والشست والنيس والصخور النارية المتبلورة كالجرانيت . وهذه الصخور التى تكون منطقة خزان أسوان ، والمنطقة التى وراء السد العالى .

وعند اختيار موقع لخزان يُفَضَّل أن يكون الخزان فى مناطق ذات تركيب بنائى بسيط ، أى خالية من التجعدات والصدوع والفواصل الكبيرة . ويُفَضَّل دائماً وجود ميل عام للطبقات ناحية المنبع أو مصدر المياه ، عن أن يكون ذلك الميل ناحية المصب أو اتجاه التيار . كما يجب التأكد من أن أية طبقة مسامية ظاهرة فى المنطقة لا تؤدى الى تسرب خطير للمياه .

أما عن الصدوع (الفوالق) فان وجـودها يؤدى اما الى تسرب المـاء من الخزان بعد انشائه ، أو فى اندفاع الينابيع خلالها أثناء الانشاء ، مما يعرقل عمليات التنفيـذ • وفى الحـالة الأولى يمكن ملء الصدع بالطفل أو حقنـه بالخرسانة ، أما فى الحالة الثانية فيكون العلاج بخفض مستوى الماء الأرضى•

وتؤخذ ظواهر الانهيارات الأرضـية كأدلة على عدم الثبـات التركيبى فى المنطقة ، وقد يؤدى تسرب بسيط فى المياه خلال طبقة منفـذة الى حدوث مثل هـذه الانهيارات على مدى واسع فى المنحدرات المجـاورة للسد • ولذلك يجب تفادى مثل هذه المناطق ما أمكن ذلك •

ومن الاعتبارات الجيولوجية التى يجب الاهتمام بهـا بالنسبة للخزانات مشاكل التطمية ، فالمعروف أن الأنهـار عنـد دخولها منطقـة الخزان ترسب ما تحمله من فتات صخرى • واذا تراكمت هـذه الرواسب بكميات كبـيرة فقد تؤدى الى رفع قاع البحيرة الصناعية خلف السد فى عدد قليل من السنين، مما يؤثر على صلاحية الخزان • وفى حالة احتمال حدوث التطمية الشديدة فلا بد من وضـع تصميم يسمح بطرد الرواسب خلال السـد وغسل الخزان على فترات بطريقة أو أخرى •

(٣) جيولوجية منطقة السد : عند اختيار موقع لاقامة سد ما ، يجب رسم خرائط تفصيلية لمكان السـد وما يجـاوره لكشف التركيب الجيولوجى للمنطقة ، كما يجب حفـر جسات كثـيرة فى المنطقة للتـأكد من تفاصـيل جيولوجية ما تحت السطح • وعند توزيع حفـر الجسات يجب أن يُرَاعى الحصول على أكبر قَدَرٍ ممكن من المعلومات عن التراكيب الموجودة •

وقد يكون من الممكن ازالة الرواسب السطحية كلهـا من مكان السـد للكشف عن الأساس الصخرى الذى سيقام عليه • وفى حالة تَعَذُرِ ذلك يمكن تعيين شكل الأساس الصخرى من المعلومات التى يحصـل عليهـا من حفر الجسات ، والتى يجب أن يكون عددها كافياً لعمل خريطة طوبوغرافية لمـا تحت الرواسب السطحية (تبين التضاريس أى المرتفعات والمنخفضات له)•

ويفضل عند بناء السدود وخاصة الكبيرة منها أن تقام على صخور صلدة كالجرانيت أو النيس (كما هو الحال في سد أسوان والسد العالى) . وقد تصلح بعض الصخور غير ذات الصلادة العالية كالطفل مثلا كقواعد ممكنة لاقامة بعض السدود الصغيرة (بعض القناطر على النيل) ولكن الأمر المهم هو ضرورة تفادى اقامة السدود على صخور غير متجانسة ، أى على صخور مُكَوَّنة من طبقات صلدة متبادلة مع طبقات رخوة .

وأما من ناحية التراكيب البنائية ، فأخطر الحالات هي أن يُبْنَى السد على صدع أو صدوع معروفة بنشاطها في الأزمنة الحديثة . ولذلك فان تفهم التاريخ الجيولوجي للصدوع في المنطقة يجب أن تُوَجَّهَ اليه عناية قصوى . ويفضل في السدود التي تُبْنَى على صخور رسوبية أن يكون ميل الطبقات في أساس السد ميلا خفيفاً ناحية الخزان أي ضد اتجاه التيار .

مشاكل الرشح في السدود : الرشح اما أن يكون من السد نفسه أو من القاعدة التي بنى عليها السد . وفي الغالب يمكن اهمال النوع الأول ، أما النوع الثاني فيجب التغلب عليه وحماية السد منه ، وهذه عملية تحتاج الى جهود من المهندس والجيولوجي وتعاونهما .

في الواقع أنه لا توجد مادة طبيعية تمنع مرور الماء منعاً باتاً تحت تأثير الضغوط الهيدروليكية الموجودة تحت الخزانات ، ولذلك فان الرشح من المشاكل التي يجب دائماً التفكير في حلها . والرشح غير مرغوب فيه لسببين :

أولا : لأنه يسمح بتسرب جزء من ماء الخزان وضَيَاعه .

ثانياً : لأنه اذا كانت سرعة الرّشح عاليةً أدّى ذلك الى تكوين فَجَوات وممرات في الصخر ، نتيجة لازالة الحُبَيْبَات السَّائبَة في الصخور ، مما يؤدى الى اضعاف السد ثم انهياره .

وفي الحقيقة لا يمكن منع الرشح منعاً باتاً من قاعدة السد ، ولكن

يمكننا تَقليله وتقليل سرعـة انتقال المـاء ، بحيث لا يؤدى الى فقـد هام فى ماء الخَزَّان ، أو الأخطر من ذلك التأثير على السد نفسه .

والاحتياطات التى تُؤْخـذ فى هـذه الحالات لتقليل الرشـح وسرعة انتقال المـاء الراشـح خلال الأساسات ، هى بأن تُقَلَّل نفـاذية المواد التى يتكون منها الأساس ، والطريقـة المتبعـة هى ما يسمى بالتشرب أو المـلء بالضغط ، ذلك بأن تملأ الفجوات الموجودة فى صخور الأساسات بواسـطة ادخـال أسـمنت سائل بطريق الضغط ، وهـذا التشريب لا يؤدى فقط الى الاقلال من نفاذية الصخر ، بل يؤدى أيضاً الى قوة احتماله .

أما اذا كانت صخور القاعدة التى سيبنى عليهـا السد كثيرة الفواصـل والشقوق ، فيجب أن تُمْلأ الفواصل وتُقَوَّى بأن تعمل ثقوب عديدة غير عميقة فوق سطح الصخر ، ثم يضغط داخل هذه الثقوب أسمنت سائل بواسطة مضخات ضاغطة مناسبة ، وذلك على أمل أن تملأ جميع الشقوق والفواصل فى الصخـر . ويجب ملاحظـة أن يكون الضغط كافيـاً لدخول الأسـمنت (أو المـادة الأخرى المستعملة) فى جميع الفجوات دون أن تؤدى زيادته الى زحزحة صخر القاعدة أو الى توسيع الشقوق والفواصل فيه .

ولذلك لا يجب القيام بعمليـة الملء الغطائى هـذه ـ كما تسمى ـ دون دراسة جيولوجية كاملة للمنطقـة التى سيبنى فوقهـا السد للتعرف على أنواع الفواصـل والشـقوق والتطـابق وأنطقـة الضـعف الأخـرى ، ونفـاذية الصخر ... الخ . فمن ذلك أنه اذا كانت المنطقة التى سَيُبْنَى عليها السد منطقة صخور جيرية مثلا ، فيجب اتخـاذ اجراء خاص ، وهـو أن تُغْسَل الصخور الجيرية التى سيبنى عليها السد ، اذْ أنَّ فجوات الصخور الجيرية كثـيراً ما تكون مُغَطَّاة بغشاء رقيق من الطـين الذى يمنـع التماسـك بين الصخـور والمـادة المـاسكة (الأسـمنت) . ولهـذا يمرر ماء مضغوط فى الفجوات قبل معالجتها بالأسمنت ، أما اذا أثبتت الدراسة الجيولوجية وجود فجوات كبيرة فى الصخر فان طريقة الملء بالضغط هذه لا تجدى . وقد أمكن

التغلب على مثل هذه الحالات اما بواسطة ملئها بالطين أو الخرسانة أو الأسفلت . والصخور الرملية لا يمكن معالجتها بالتشرب الأسمنتى ، ولكن تستعمل طرق كيميائية ، وذلك بأن يدخل محلول مادة ما يملأ الفجوات ، ثم يدخل عليه محلول لمادة أخرى يؤدى تفاعلها مع المادة الأولى الى تكوين مركب غير قابل للذوبان مالئاً للفجوات والمسام .

٤ ـ تعمير الصحارى

لكل من الجيولوجى والمهندس الزراعى وغيرهم دوره فى تعمير الصحارى ، أما دور الجيولوجى فيكون فى النواحى الآتية :

(١) البحث عن المياه الأرضية والكشف عن ظروف وجودها ومصادرها ، لأنه بدون الماء لا يمكن تعمير الصحارى . ولم تعمر الواحات (الوادى الجديد) الا لوجود المياه الأرضية الارتوازية بها . ويعمل الجيولوجيون الآن على دراسة مَصَادر هذه المياه وامكان زيادتها نتيجة لذلك ، وعما اذا كانت دائمة أو غير دائمة ، وأسباب انخفاض مناسيب بعض الآبار بمرور الزمن ، كما يبحثون عن موارد مائية جديدة . ولهذا الغرض يَدْرُسون البناء الجيولوجى للمُنْخفضات التى تتكون منها الواحات وتوزيع الرواسب فيها ، وبيان الطبقات المُمررة منها والمُنْفِذَة ، وعلاقتها بتوزيع المياه الأرضية .

(٢) على الجيولوجى توفير الصخور والأحجار اللازمة للتعمير ، فعليه الكشف عن أنواع الصخور الموجودة فى المنطقة ، ومدى صلاحيتها لانشاء المبانى والمنشآت الأخرى . وعليه أن يبحث عن وجود الخامات اللازمة لعمل الأسمنت الملاط وغيرهما من مواد البناء اللازمة لاقامة المنشآت .

(٣) معاونة منه للزراعة ، على الجيولوجى البحث عن المُخَصبات المعدنية مثل رواسب الفوسفات والنترات ، حتى تكون الزراعة مُستقِلة فى الوادِى الجديد . وقد كشف الجيولوجيون فعلا طبقات من رواسب

الفوسفات فى الواحات الخارجة والداخلة ، ويتوقف استغلالها على التقدم فى تعمير الوادى الجديد •

(٤) يجب على الجيولوجى المعاونة فى قيام صناعات محلية فى المناطق الصحراوية ، فعليه مثلا ، البحث عن الخامات المعدنية التى يمكن أن تَقُوم عليها صناعة تعدينية فى منطقة ما • واذا وُجِد الخام فَعَليه أن يبحث الامكانيات المائية والانشائية • ومن أمثلة التعمير الناشىء عن الكشف عن خام معدنى مشروع وادى النَّطْرون واستغلال خامات الملح وكبريتات الصوديوم والنطرون فى الصناعات المحلية ، مثل صناعة الزجاج والصابون ، والتى أدت الى المساهمة فى تعمير هذه المنطقة الصحراوية • مثال آخر مشروع حديد الواحات البحرية الذى سيؤدى الى انْشاء مدينة تعدينية ، وما يتبعها من نشاط زراعى وعمرانى ، كما سيؤدى الى انشاء خط حديدى من الواحات الى وادى النيل عبر الصحراء • وعلى الجيولوجى أن يعاون فى البحوث اللازمة لانشاء هذا الخط الحديدى ، فعليه أن يدرس جيولوجية المناطق التى سيمر بها هذا الخط ، ونوع صخورها ، وتوفر الخامات اللازمة لانشاء الطرق من صخور ورمال وطين ، بحيث يكون الخط الحديدى ، فى اتجاهه أقرب ما يمكن الى مناطق وجود الخامات والصخور اللازمة •

(٥) على الجيولوجى دراسة الكثبان الرملية الموجودة فى المناطق التى يراد تعميرها • وتضم هذه الدراسات التعرف على اتجاه تحرك وسير هذه الكثبان حتى يمكن الحماية من خطرها ومنعها من الطُّغْيان على المزارع والمناطق الآهلة •

وتتلخص الطرق الحديثة فى درء خطر هجرة الكثبان الرملية فيما يأتى:

(ا) غرس دعامات خشبية أو غيرها فى الكثبان ، ومحاولة انماء بعض النباتات على جوانبها لمقابلة الريح • وهناك أنواع خاصة من النباتات تصلح أكثر من غيرها لهذا الغرض ، وهى تختلف باختلاف المناطق التى توجد فيها هذه الكُثْبان •

(ب) حماية الغطاء النباتى الواقى للكثيب : وذلك بالرى وعدم اقتلاع الجـذور والسـوق اذا كان النبـات من الأنواع الاقتصـادية ، والاكتفاء بجمع البذور فقط ، اذ أن ترك السوق والأوراق فى الكثيب يساعد على تماسك الرمس ، وعلى تكوين مواد دبالية تقلل البخر ، يساعد كذلك على انماء المحصول فى الأعوام التالية •

(ح) زرع الأشجار الكبيرة والمعمرة فى منـاطق الكثبان ، وخاصـة عند حدودها المقابلة للريح ، وفى العادة لا تزرع هذه الأشجار الا بعد محاولات لتعشيب الكثبان وزراعتها بالنباتات الصغيرة والحولية •

(د) توجد طريقة حديثة لمكافحة حركة الكثبان ، وهى لا زالت تحت البحث وتتلخص فيما يسمى بقتل الكثبان ، وذلك بفرشها بطبقة من الحصى والزلط على الجوانب المقابلة للريح ، وهذا يؤدى الى الاقلال من تطاير الرمال مع هبوب الرياح كما أن هنـاك أبحاثاً عن امكانية قتل الكثبان برشها بالقار •

والطريقة الأخيرة قد يضطر اليها فى المناطق الشديدة الجفاف ، والتى لا يتوفر بها المـاء الكافى لتنشيط نمو النباتات على الكثبان •

(٦) الاشراف على الآبار أثناء حفـرها للتعرف على الطبقات التى تمر فيها البئر ، حتى يمكن المضاهاة مع المناطق الأخرى ، ومعرفة تتابع الطبقات المميرة وغير الممرة فى المنطقة ، بذلك الطبقات الخازنة للماء ، وذلك حتى لا يتم الحفر فى منطقة جديدة دون أساس علمى •

وعلى العمـوم ، يعتبر الكشف عن المـاء والثروات المعدنيـة والبترول والفحم من أكبر العوامل التى تساعد فى تعمير الصحارى • وخير شاهـد على ذلك الكشف عن البترول الخام وانتاجه بشبه جزيرة سيناء فى حقول سـدر وعسل ، وبلاعيم وأبو روديس وسدرى ، وكذلك صناعة تعدين المنجنيز الى الجنوب فى أم بُجْـمَـا ، وجميعها أدت الى تعمير هذا الجزء الصحراوى من شـبه الجزيرة واقامـة حضارة كاملة بمساكنها ومدارسها وتجارتها ونشاط

أهلها . وكذلك الحال أيضاً فى الغردقة ورأس غَارِب (بترول) وسفَاجة والقُصَير (فوسفات) وجميعها على ساحل البحر الأحمر بالصحراء الشرقية .

٥ - الكشف عن المعادن الاقتصادية

يتَجَاوزُ الجيولوجى الاقتصادى فى تعريفه للمعادن الاقتصادية عن التعريف المصطلح عليه بين جيولوجى المعادن - الذى يقول ان المعدن مادة متجانسة غير عضوية تكونت بفعل عوامل طبيعية وذات تركيب كيميائى مميز وبناء ذرى ثابت - ليضم الى معادن الخامات المواد العضوية الأصل سواء أكانت صلبة مثل الفحم أو سائلة مثل زيت البترول . ومعادن الخامات اما أن تكون عنصرية ، وتعرف باسم المعادن العنصرية مثل الذهب والفضة والبلاتين والكبريت ، أو مركبات قد يدخل الحديد فى تركيبها الكيميائى وتعرف باسم المعادن الحديدية مثل معادن الحديد (ماجنيتت) وهيماتيت ، ومعادن (المينيت - أكسيد التيتانيوم والحديد) ، ومعادن التنجستن (ولفراميت - تنجستات الحديد والمنجنيز) ، ومعادن المنجنيز الحديدية ، وقد لا يدخل الحديد فى تركيبها الكيميائى وتعرف باسم (المعادن غير الحديدية) وتضم معادن الرصاص والزنك (جالينا وسفاليريت) ومعادن النحاس (كَالْكُوبَيرْيت ، ملاكيت) ، أو تحتوى على عناصر مشعة وتعرف باسم المعادن المشعة مثل اليُورَانينيت والبِتْشبلِنْد (أكاسيد اليُورانيوم) .

(أ) الكشف عن معادن الخامات .

قد توجد بعض الخامات المعدنية على سطح الأرض أو قريبة من السطح ، بحيث يمكن كشفها بسهولة بالطريقة الجيولوجية العادية . ولكن الكثير من الخامات ذات القيمة الاقتصادية لا يترك أية أدلة أو شواهد مباشرة على سطح الأرض تُمكّننا من تحديد أماكنه فى الحال . ويستدعى الأمر

فى هذه الحالة أن نلجأ الى طرق مختلفة للتحرى والكشف عن خامات المعادن ، وقد تكون هذه الطرق جيوفيزيائية (تطبيقات فيزيائية على المعادن والصخور) أو جيوكيميائية (تطبيقات كيميائية على المعادن والصخور) .

وتنحصر فائدة الطرق الجيوفيزيائية فى كشف التراكيب الجيولوجية الملائمة لتجميع الخام أو وجوده ، ولكنها لا تقوم باثبات وجود الخام ، اذ أن هذا يحتاج فى الغالب الى أبحاث أخرى . أما الطرق الجيوكيميائية فلا علاقة لها بكشف التراكيب الجيولوجية ، ولكنها تهدف الى اثبات وجود الخامات فى المناطق التى يؤخذ منها العينات ويجرى عليها التحاليل المختلفة .

وفى حالة المعادن الاشعاعية يستفاد من خاصية النشاط الاشعاعى للعناصر المشعة فى الكشف عن مثل هذه الخامات ، وتعرف هذه الطرق بالطرق الاشعاعية .

(١) الطرق الجيوفيزيائية للكشف عن الخامات المعدنية : قلنا ان الهدف الرئيسى للكشف الجيوفيزيائى هو اثبات وجود التراكيب الجيولوجية المختفية تحت السطح ، والتى يساعد التعرف عليها تحديد وجود ومواقع بعض الخامات المعدنية ، وكذلك البترول والفحم . وتعتمد معظم هذه الطرق على وجود فروق فى الخواص الفيزيائية الثابتة للمعادن والصخور المحيطة بها ، وأهم هذه الخواص هى :

(١) كثافة الصخور .

(٢) الخواص المغناطيسية للصخور .

(٣) المقاومة الكهربائية للصخور .

(٤) الخواص الرابطة لمرونة الصخور .

(١) كثافة الصخور : تغير الكثافة من مقدار واتجاه جذب الأرض ، وتسمى الطريقة التى تستخدم فيها هذه الخاصية بطريقة الجاذبية . وتناسب

هذه الطريقة الكشف عن التراكيب الجيولوجية الكبيرة ذات الارتفاع الكبير مثل الأقبية المَدْفُونَة وقباب الملح وغيرها .

(٢) الخواص المَغنَاطيسية : ويستفاد منها فى تحديد الاضطرابات فى المجال المغناطيسى للأرض نتيجة لوجود جسم دائم التمغنط كأكسيد الحديد المغناطيسى (المَاجنْتِيت) أو الصخور المحتوية على تركيز عال منه ، وتسمى الطرق التى تستخدم على أساس هذه الخواص بالطرق المغناطيسية .

(٣) مقاومة الصخور للكهرباء : تختلف الأنواع المختلفة من الصخور فى درجة مقاومتها للتيار الكهربائى ، فالمعروف أن لكل صخر درجة مقاومة للكهربية ثابتة . وتقوم الطرق التى تعتمد على هذه الخاصية بقياس ومقارنة المقاومة التى تحدثها الصخور لتيار كهربائى يمر فيها ، وتسمى هذه الطرق بطرق المقاومة الكهربائية وتستعمل هذه الطرق فى الكشف عن البترول والمياه الأرضية بصفة خاصة .

(٤) الخواص الرابطة لمرُونة الصخر : وهذه تتحكم فى السرعة التى تسير بها موجات الاضطراب الميكانيكى فى الصخور نتيجة تفجير شحنة من المفرقعات فى حفرة من الأرض ، وبقياس الزمن اللازم لسير هذه الموجات الى نقط مختلفة من السطح يمكن استنتاج الكثير عن طبيعة الصخور التى مرت بها الموجات وتوزيعها . وتستخدم هذه الطريقة فى دراسة موجات الزلازل الطبيعية ، ولذلك فهى تسمى بالطريقة الزِّلزالية أو السِّيزْمية . وتستخدم هذه الطريقة فى الكشف عن بعض المعادن وكذلك البترول .

(٢) الطرق الجيوكيميائية للكشف عن المعادن : تهدف الدراسات الجيوكيميائية الى تقدير التركيب الكيميائى الكمى للأرض كوحدة وكأجزاء.

مختلفة . وكذلك الى كشف القوانين التى تتحكم فى توزيع العناصر المختلفة وتحركاتها من جزء من الكرة الأرضية الى جزء آخر ، وفى عبارة أخرى ان الجيوكيمياء علم يبحث فى توزيع عناصر الأرض سواء فى القشرة أم فى داخلها .

تستخدم طرق الكشف الجيوكيميائى عن الخامات المعدنية عندما لا يتيسر استخدام الطرق الجيولوجية العادية بشكل مفيد ، وذلك فى المناطق التى تكسو الصخور فيها طبقة سميكة من التربة تعوق استعمال الطرق المباشرة للبحث . ويتلخص الكشف الجيوكيميائى فى جمع عينات من التربة بطريقة منتظمة ، وتحليل هذه العينات كيميائياً لتعيين محتوياتها من العناصر النادرة . للنباتات أهمية كبرى فى هذه الطريقة ، فهى تمتص مع غذائها آثاراً بسيطة من العناصر النادرة وتختلط هذه بعد موتها بالتربة ، ومن دراسة النتائج التى تسفر عنها التحاليل يمكن التعرف على التركيب الصخرى تحت التربة . ويعمل بعض المشتغلين بالجيوكيمياء على زيادة دقة طرق الكشف التى يستعملونها وذلك بجمع أوراق من النباتات الكبيرة التى تنمو فى المنطقة على نظام يشبه ذلك الذى جمعت به عينات التربة ، ثم يحرقون هذه الأوراق ويحللون الرماد المتبقى منها لحساب وكشف العناصر النادرة التى يحتوى عليها ومقارنتها بنتائج تحليل التربة .

وقد أمكن من مثل هذه الأبحاث الجيوكيميائية الوصول الى عمل خرائط من نوع خاص تمثل توزيع التركيزات المختلفة للعناصر النادرة الموجودة ، وبالتالى تحديد المناطق السطحية التى يوجد بها تركيزات فوق العادة ، ثم تتبع مصادر هذه العناصر والكشف عن الخامات المعدنية التى تجريها .

(٣) الطرق الاشعاعية للكشف عن المعادن المشعة : لما كانت المعادن المشعة تتميز بأنها تضم فى تركيبها الكيميائى عناصر اشعاعية مثل اليورانيوم والثوريوم وهى عناصر غير مستقرة وتتفتت ذاتياً بصفة مستمرة وبسرعة ثابتة ، وتطلق اشعاعات مختلفة لا نراها أو نحس بها ، ولكن تتأثر بها أجهزة

خاصة ، فقد استفاد الجيولوجي من هذه الخاصية الفريدة في التحرى والكشف عن هذه الرواسب المعدنية الثمينة . ويستعمل في الكشف عن هذه المعادن المشعة أجهزة كثيرة ، ويتم الكشف اما عن سطح الأرض سيراً على الأقدام أو في السيارة أو بالطائرة .

والفكرة في هذه الأجهزة أنها تضم صمامات اليكترونية تتأثر بالاشعاعات الصادرة من العنصر المشع ، فتحدث صوتاً في هيئة « قرقعة » يمكن الاستماع اليه بواسطة سماعة على الأذن ، أو تحدث وميضاً ضوئياً على شاشة معدة خصيصاً لذلك (وذلك بمعالجتها ببعض المواد الكيميائية التى تتأثر بهذه الاشعاعات) . والجهاز الأول ذو السماعة ، ويعرف باسم عداد جيجر ، عبارة عن جهاز صغير مثل الراديو الترانزستور يسهل حمله في الجيب أو ربطه الى الساق ، والسير به على الصخور المختلفة . فاذا سمع الجيولوجي « قرقعة » كثيرة ومستمرة عن طريق السماعة الموضوعة على أذنه ، أدرك في الحال أنه فوق صخور تحتوى على معادن اشعاعية ، ومن ثم يبدأ في اجراء الاختبارات الجيولوجية والكيميائية للعثور على خام المعدن المشع . أما الجهاز الثاني فيعرف باسم سنتيللومتر ، وهو جهاز غالى الثمن وشديد الحساسية ، ويستعمل في العادة في عملية الكشف عن المعادن المشعة بالطائرة . وبواسطة هذا الجهاز يمكن التحرى عن المعادن المشعة في مناطق كثيرة وفي زمن قصير ، وتحديد المناطق ذات الاشعاعات العالية وبالتالى الكشف عن موارد الخامات المشعة .

(ب) الكشف عن زيت البترول

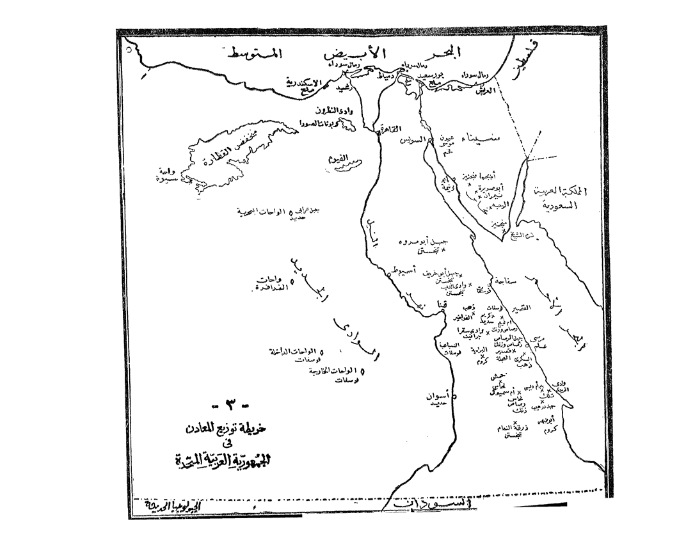
المهمة الأولى للجيولوجي في الكشف عن زيت البترول هى تحديد مواقع التراكيب المناسبة لخزان (مستودع) زيت البترول فيما بين الصخور التى يحتمل أن تكون حاملة له .

ويغلب وجود نشع من الغازات أو السوائل أو المواد الصلبة على سطح

الأرض ، على أنه في الوقت الحاضر لا يعتمد كثيراً على مثل هذه العلامات كما كان الحال فيما مضى •

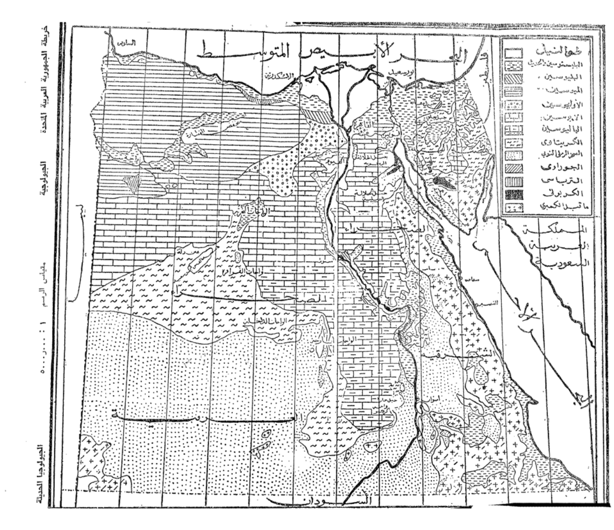
وأكثر الغازات شيوعاً هي الغاز الطبيعي أو الميثان ، وكبريتيد الأيدروجين وثاني أكسيد الكربون وتختلف العينات المكتشفة من زيت البترول اختلافاً كبيراً في مظهرها ، فبعضها عبارة عن مزيج باهت اللون من الزيت والماء ، ولكن معظمها قاتم اللون لزج أو يكاد يكون صلباً • والعادة أن يتخلف عن الزيوت الأسفلتية رواسب ثقيلة ، أما الزيوت المقطرة فيتبخر معظمها تماماً وبسرعة ، وبذلك يكون من الصعب رؤيتها عند الكشف • على أن عدم وجود علامات خام البترول على سطح الأرض ليس دليلا على عدم وجود زيت البترول ، كما أن علامات خام البترول الموجودة في مساحات شاسعة قد تكون كل ما تبقى من زيت البترول • والرواسب الصلبة الموجودة في هيئة بحيرات من الزفت تكون عادة أسفلتية • وحتى في الحالات التي لا توجد فيها علامات سطحية لخام البترول فمن المعتاد أن يغامر بالأموال الطائلة اللازمة لحفر آبار تجريبية في أي موقع يوجد به دليل على وجود تعاقب مناسب من الطبقات الرسوبية وكذلك التركيب الجيولوجي المناسب •

وواجب الجيولوجي دائماً أن يقوم بتحضير خريطة للمنطقة المنتخبة تبين التركيب الجيولوجي بالتفصيل ، والأنواع المختلفة من التجاعيد والطيات الموجودة ، ويجب ألا يتغاضى عن وجود أي ثنيات حتى ولو كانت ثنيات خفيفة ، وتعتبر المضاهاة البالغة الدقة بين الطبقات أمراً ضرورياً في تحديد أمثال هذه التراكيب الجيولوجية الطفيفة • وقد تتم هذه المضاهاة — في بعض الأحيان — بالاستعانة بأخصائي في علم الحفريات المجهرية (مثل المتحجرات) التي قد يوجد منها آلاف عديدة مطمورة في عينة أخذت من الحفر سمكها بضع سنتيمترات • أو قد تتم هذه المضاهاة باستعمال الطرق الفيزيائية مثل طريقة المقاومة الكهربائية (طريقة شلمبرجر) لثقوب الحفر ، وهذه الطريقة تسجل مواضع الطين والرمال والصخور الجيرية في الثقوب بواسطة قياس المقاومة الكهربائية •



- ٣ -

خريطة توزيع المعادن
في
الجمهورية العربية المتحدة



خريطة الجمهورية العربية المتحدة الجيولوجية
مقياس الرسم
الجيولوجيا الحديثة
البحر الأبيض المتوسط
الإسكندرية
بورسعيد
القاهرة
السلوم
المملكة العربية السعودية
السودان
طمي النيل
البلايستوسين والحديث
البليوسين
الميوسين
الأوليجوسين
الأيوسين
الباليوسين
الكريتاوي
الحجر الرملي النوبي
الجوراوي
الترياسي
الكربوني
ما قبل الكمبري

لوحة توزيع الحياة فى العصور الجيولوجية

العصر	مليون سنة	حركات بانية للجبال	الأوليات	جوفمعويات	المشجيات غير المشقة	المسرجيات المشقة	الجلد شوكيات الجالسة	الجلد شوكيات الهائمة	الرخويات: بعض أجناس المحاريات	الرخويات: بعض القوقعيات		الرخويات: الرأسقدميات	مفصليات الأقدام
نيوجين	٢٥	الألبية											
باليوجين	٤٥												
كريتاوى	٥٤												
جوراوى	٤٥												
ترياسى	٣٠												
برمى	٢١	هرسينية											
كربونى	٦٠												
ديفونى	٥٠												
سيلورى	٣٥	كاليدونية											
أوردوفيشى	٦٠												
كمبرى	٨٠												

ولا توجد العلامات السطحية لخام البترول ـ حتى التركيبية منها ـ فى كل المواقع ، فقد تعلو الطبقات الحاملة للبترول ـ فى حالة عدم التَّوافُق ـ طبقات أخرى أحدث عمراً من الحركة الأرضية التى أنتجت « مَصَائِد » خام البترول ، وهذا الغطاء من الرواسب حتى ولو كان من الطمى يخفى تحته التراكيب الجيولوجية المراد تحديدها ، وفى هذه الحالة نلجأ الى الاخصائيين الجيوفيزيائيين .

يقوم الجيوفيزيائى بتحديد السطوح التى تفصل بين تكاوين الصخور المختلفة ـ التى لا يمكن رؤيتها ـ بواسطة بعض المقاييس التى ترصد عند سطح الأرض ، ومن هذه السطوح وأشكالها يمكن تفسير التركيب الجيولوجى للطبقات التى تحت السطح .

ومن أمثلة الطرق التى تستعمل فى البحوث الجيوفيزيائية عن البترول الطريقة الزلزالية ، وفى هذه الطريقة تشعل شحنة من البارود موضوعة فى ثقب يتراوح عمقه بين ثلاثة ، وثلاثين متراً أو يزيد ، فتنعكس الأمواج الناشئة عن هذه الهزة من سطوح طبقات الصخور الصلبة المختلفة الموجودة تحت سطح الأرض ، وتستقبلها مجموعة أجهزة التقاط الموجات، موزعة توزيعاً مناسباً ، وتكبر هذه الموجات ثم تُسجل بطريقة فوتوغرافية على شريط متحرك ، وهذا الشريط يُسَجِّل أيضاً لحظة الانفجار بالضبط ، وتحسب أعماق السطوح التى تعكس الموجات من مقادير الموجات ، وبعد مقارنة النتائج بمجموعة من مثل هذه المقاييس ، يمكن رسم خرائط ذات خطوط مناسيب تبين أعماق وشكل السطوح العاكسة للموجات .

(حـ) الكشف عن الفحم

المعروف أن الفحم ـ وهو أحد أنواع الصخور الرسوبية العضوية ـ يوجد فى هيئة طبقات ، يختلف سمكها من سنتيمترات قليلة الى أكثر من متر ، وقد توجد مجموعات من هذه الطبقات فى بعض التكاوين الجيولوجية بحيث يفصل بينها طبقات من صخور رسوبية أخرى كالطفل والرمل .

وقد اكتشفت كثير من الرواسب الفحمية عن طريق المشاهدات السطحية حيث تظهر أجزاء من هذه الطبقات على سطح الأرض ، اما طبيعياً أو نتيجة لأعمال صناعية مثل حفر نفق للسكة الحديد فى أحد الجبال ، أو نسف الصخور فى تل من التلال لتمهيد طريق للسيارات • ثم بتتبع هذه الطبقات فى اتجاه ميلها وامتدادها أمكن تحديد كمياتها واستغلالها ، وذلك بانشاء المناجم الخاصة بها • (الكهربائية والزلزالية) لمعرفة امتداد الطبقات

الفحمية وكمياتها وتوزيعها وتأثرها بالصدوع المختلفة ، ويساعد هذه الطرق فى الوصول الى النتائج المطلوبة ، حفر آبار عميقة فى الصخور ، ودراسة العينات الناتجة • وبتجميع هذه النتائج وابرازها فى هيئة خرائط وقطاعات جيولوجية يمكن الكشف عن أماكن وجود الفحم تحت السطح ومعرفة كمياته ونوعه ، كما حدث عند اكتشاف الفحم بمنطقة عيون موسى ، جنوب شرقي مدينة السويس بشبه جزيرة سيناء •

أسئلة

(١) « ساهمت المعادن والمواد المعدنية فى بناء حضارة الانسان منذ القدم حتى وقتنا هذا » .

اشرح ما الذى نقصده بهذه العبارة .

(٢) ا – ما هى الخواص المطلوبة فى أحجار الرصف ؟

ب – اذكر ثلاثة أنواع من الصخور تستعمل فى انشاء الطرق .

حـ – اذكر ثلاثة أنواع من الصخور لا تستعمل فى انشاء الطرق .

(٣) كيف تحمى الشواطىء من تأثير الأمواج البحرية ؟

(٤) أكمل العبارة التالية :

يتحكم فى اختيار موقع الخزان ثلاثة عوامل جيولوجية رئيسية هى :

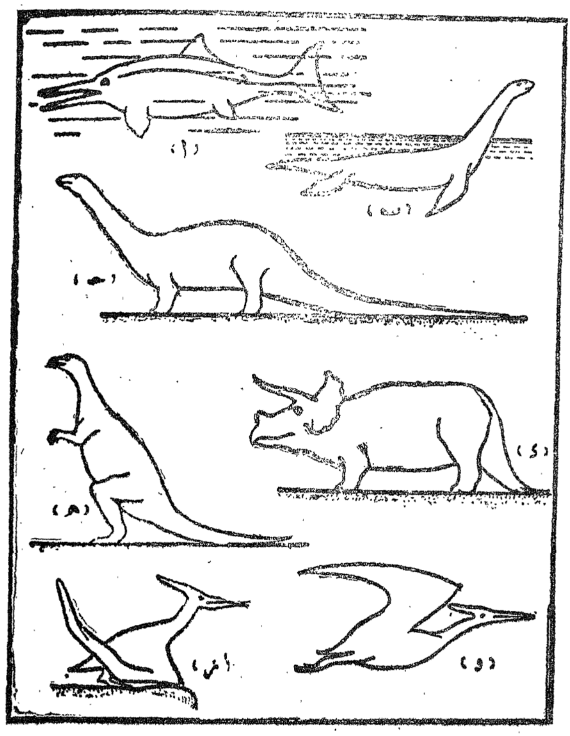
١ – . . .
٢ – . . .
٣ – . . .

(٥) كيف يمكن معالجة الرشح فى السدود ؟

(٦) فى نقاط مختصرة اذكر دور الجيولوجى فى تعمير الصحارى ؟

(٧) ا – ما هى الطرق الجيوفيزيائية المستعملة فى الكشف عن الخامات المعدنية والبترول والفحم ؟

ب – كيف نكشف عن المعادن الاشعاعية ؟



زواحف حقب الحياة الوسطى

(ا) اكثيوصور	(د) ترايسراتوبس
(ب) بليزوصور	(ه) اغوانودون
(ح) برونتوصور	(و ، ز) تيروداكتيل



« الطائر العتيق (أركيوبتريكس) »

الفهرست

صفحة

صفحة

تم بحمد الله طبع ۰۰۰ر۳۵ من هذا الكتاب بمطابع
الشركة المصرية للطباعة (حسن مدكور وأولاده)
الكائن مقرها ۳۰ شارع عبد الخالق ثروت بالقاهرة فى يوم
الاثنين ١٠ صفر سنة١٣٨٦ هـ الموافق ٣٠ مايو سنة١٩٦٦ م
تليفون ٥١٥٧١ — ٤٨٩٢١ — ٩٠٦٥٧١

مدير المطبعة

حسن مدكور



